

■本資料のご利用にあたって(詳細は「利用条件」をご覧ください)

本資料には、著作権の制限に応じて次のようなマークを付しています。
本資料をご利用する際には、その定めるところに従ってください。

* : 著作権が第三者に帰属する著作物であり、利用にあたっては、この第三者より直接承諾を得る必要があります。

CC : 著作権が第三者に帰属する第三者の著作物であるが、クリエイティブ・コモンズのライセンスのもとで利用できます。

Ⓒ : パブリックドメインであり、著作権の制限なく利用できます。

なし : 上記のマークが付されていない場合は、著作権が東京大学及び東京大学の教員等に帰属します。
無償で、非営利的かつ教育的な目的に限って、次の形で利用することを許諾します。

- I 複製及び複製物の頒布、譲渡、貸与
- II 上映
- III インターネット配信等の公衆送信
- IV 翻訳、編集、その他の変更
- V 本資料をもとに作成された二次的著作物についての I からIV

ご利用にあたっては、次のどちらかのクレジットを明記してください。

東京大学 Todai OCW 学術俯瞰講義
Copyright 2013, 村山齊

The University of Tokyo / Todai OCW The Global Focus on Knowledge Lecture Series
Copyright 2013, Hitoshi Murayama

宇宙になぜ 我々が存在するのか

学術俯瞰講義 2013年4月15日

村山齊 カブリ数物連携宇宙研究機構

UC Berkeley, Lawrence Berkeley Laboratory

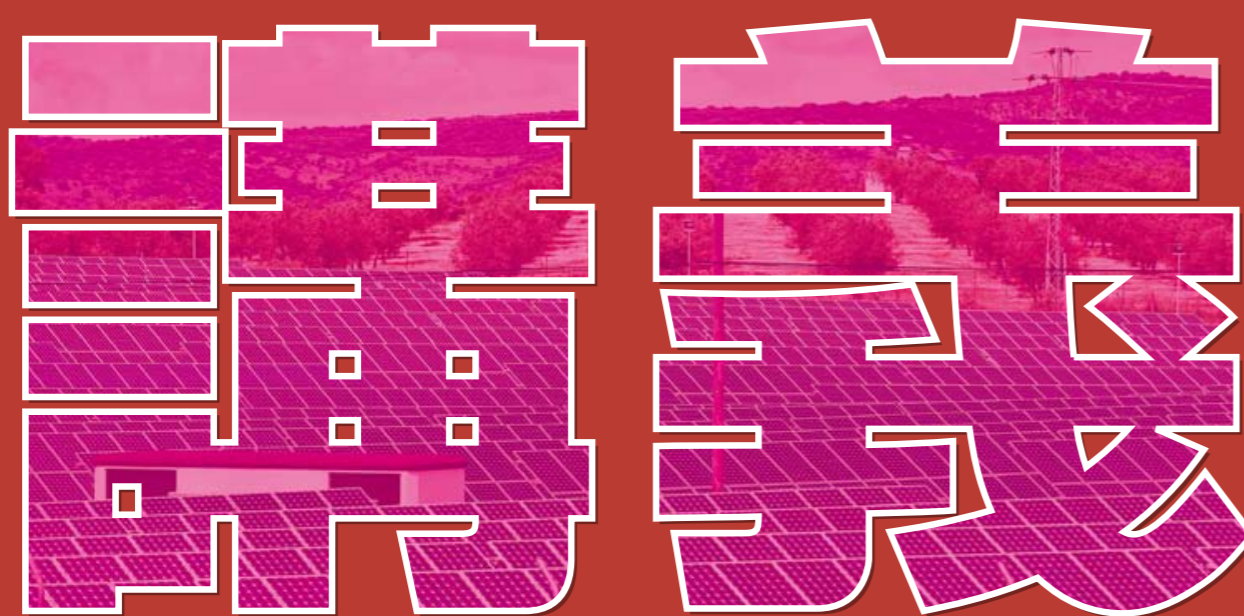
主題科目 / テーマ講義 2単位 1、2年生対象

物質の神秘

—その生い立ちから私たちの未来まで

コーディネータ:小島憲道(教養学部)

ナビゲータ:永田 敬(教養学部)



宇宙になぜ我々が存在するのか 村山 斉(国際高等研究所 カブリ数物連携宇宙研究機構)

第1回	4/8	宇宙誕生	
第2回	4/15	物質誕生	
第3回	4/22	銀河誕生	

物質科学とははじめ 家 泰弘(物性研究所)

第4回	5/7	現代社会と物質科学、原子・分子・物質の構造	
第5回	5/13	物質の個性(物性)はどこから生まれるか	
第6回	5/20	奇妙な量子の世界	

現代社会と物質



第7回	5/27	金属の科学と材料としての応用	小関敏彦(工学部)
第8回	6/3	アクアマテリアルー持続性社会実現のための我々の挑戦	相田卓三(工学部)
第9回	6/10	半導体量子ドットー電子や光子を操るナノの世界	荒川泰彦(生産技術研究所)
第10回	6/17	放射線のリスクと防護の科学	飯本武志(環境安全本部)
第11回	6/24	チューインガムの物理	土井正男(豊田理化学研究所)
第12回	7/1	光機能性材料の科学ー化学に基づく新医療技術の創出	浦野泰照(医学部)
第13回	7/8	物質科学が拓く新エネルギーとサステナビリティの未来	瀬川浩司(先端科学技術研究センター)

駒場 キャンパス 21 KOMCEE 月 曜日 2 時限 (10:40-12:10)

<http://www.gfk.c.u-tokyo.ac.jp/>



あらすじ

- ✓ ● 宇宙の誕生
- 物質の誕生
- 銀河の誕生

身近に
起きること



そのわけ



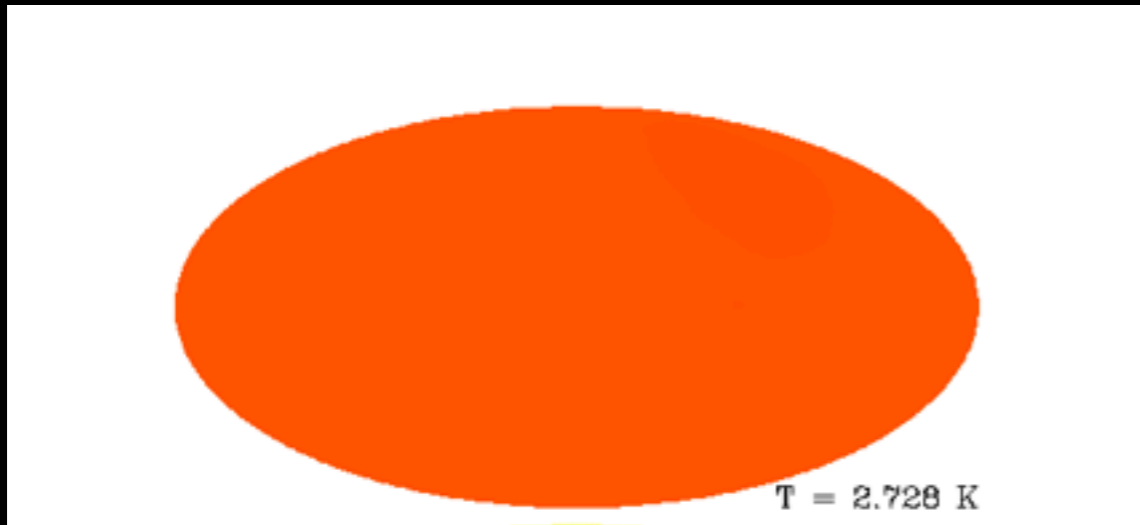
宇宙

素粒子

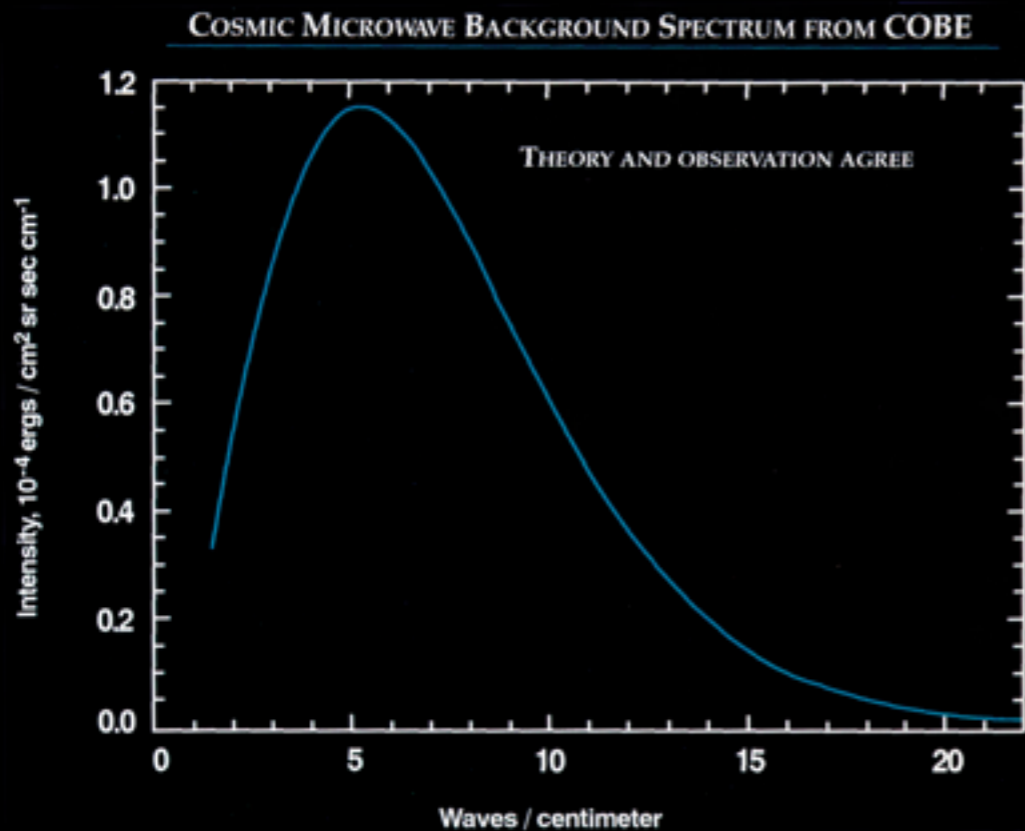
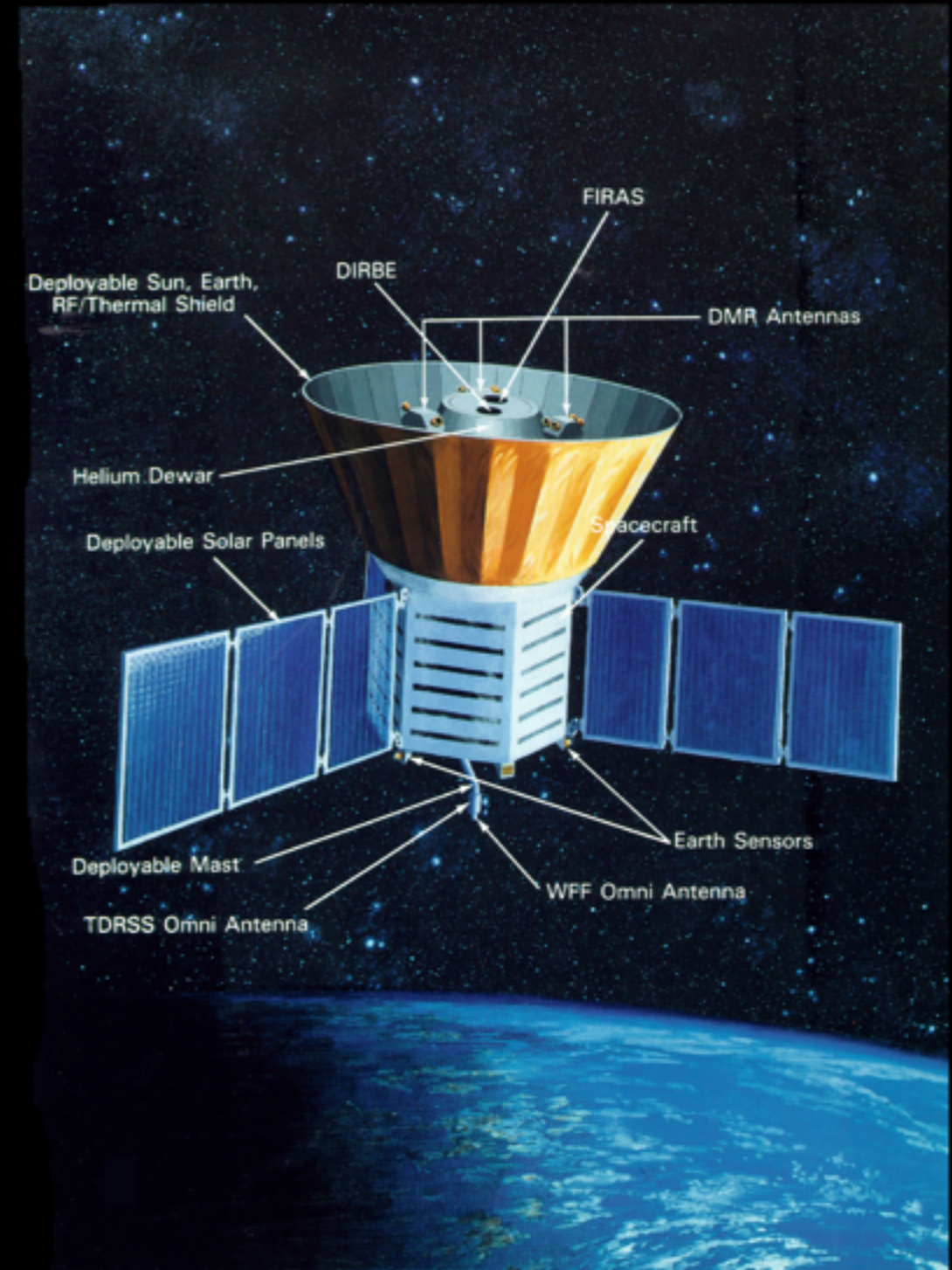
第一回

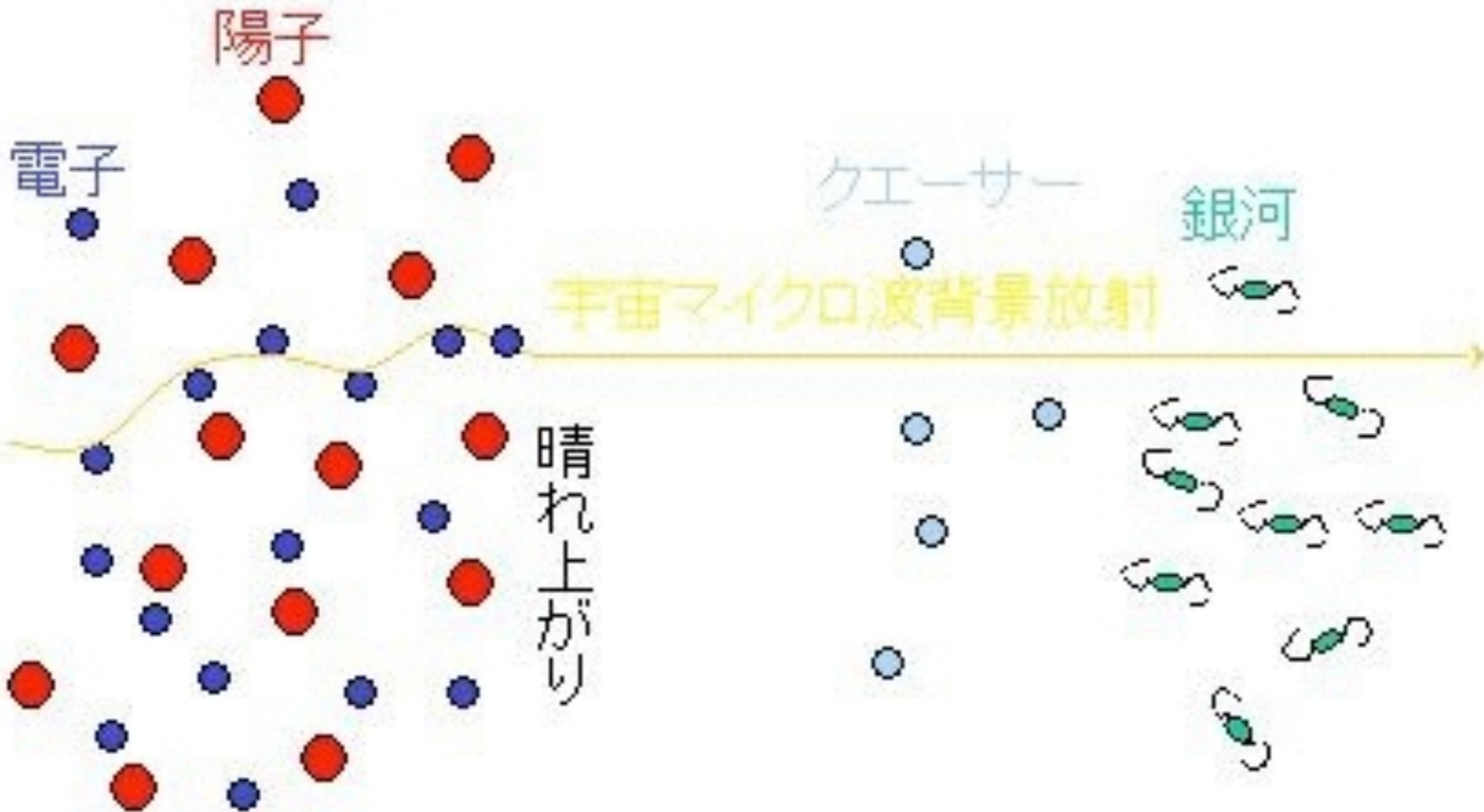
- 昼と夜
- 季節
- 公転
- 遠くを見ると過去が見える
- 宇宙は膨張している、遠くは熱い
- ビッグバン！

今見えるビッグバン



The COBE Satellite





ビッグバン

38万年

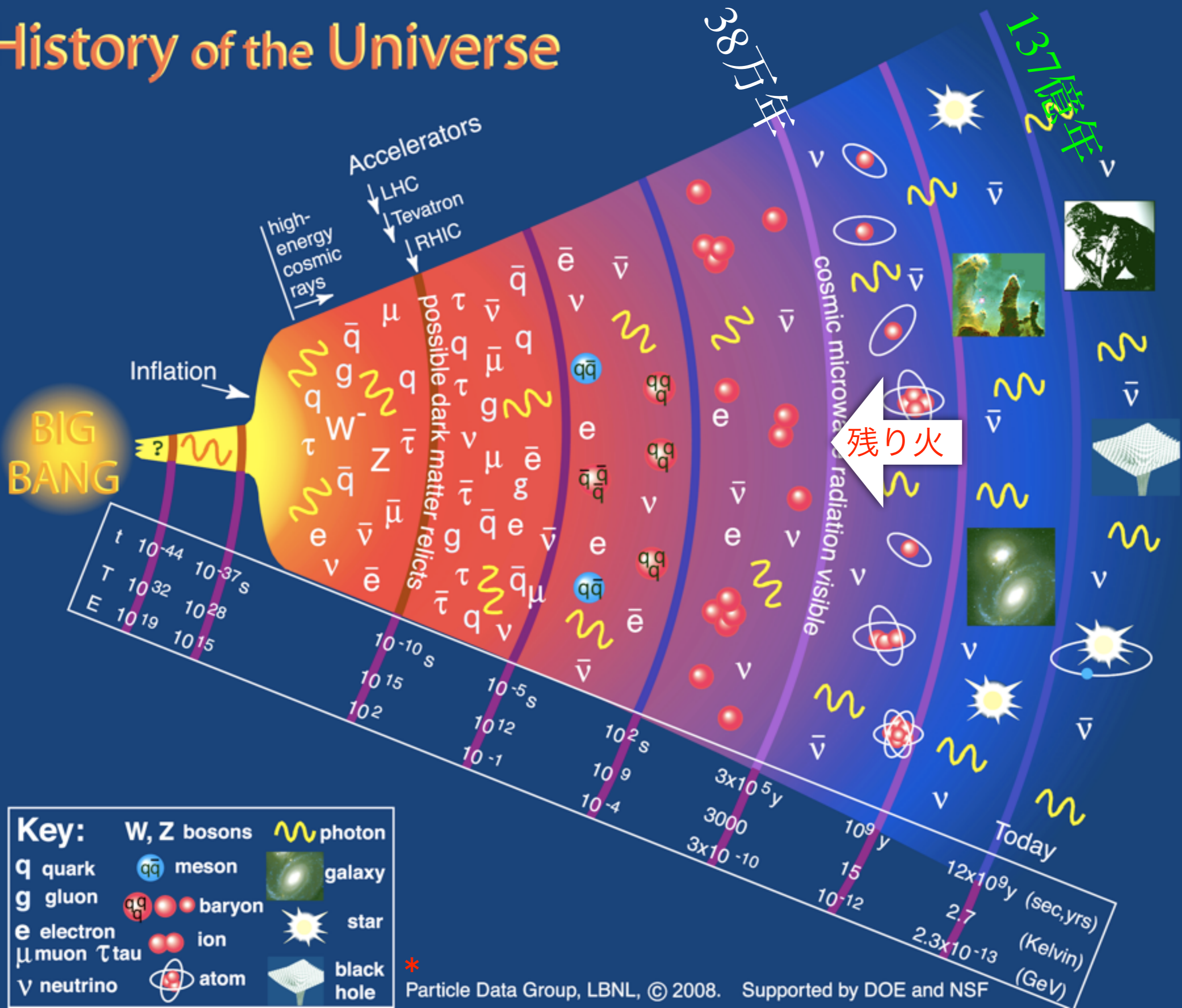
数億年

138億年

時間

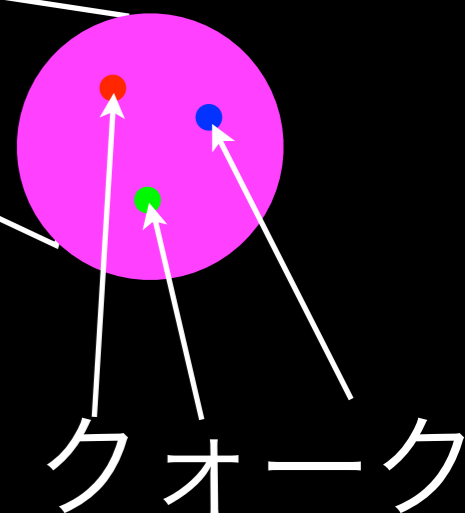
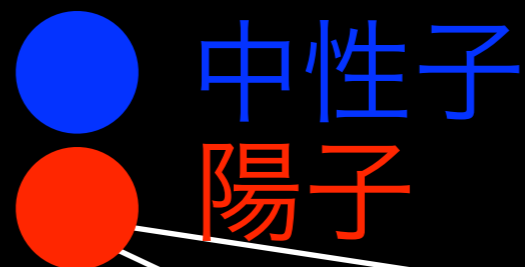
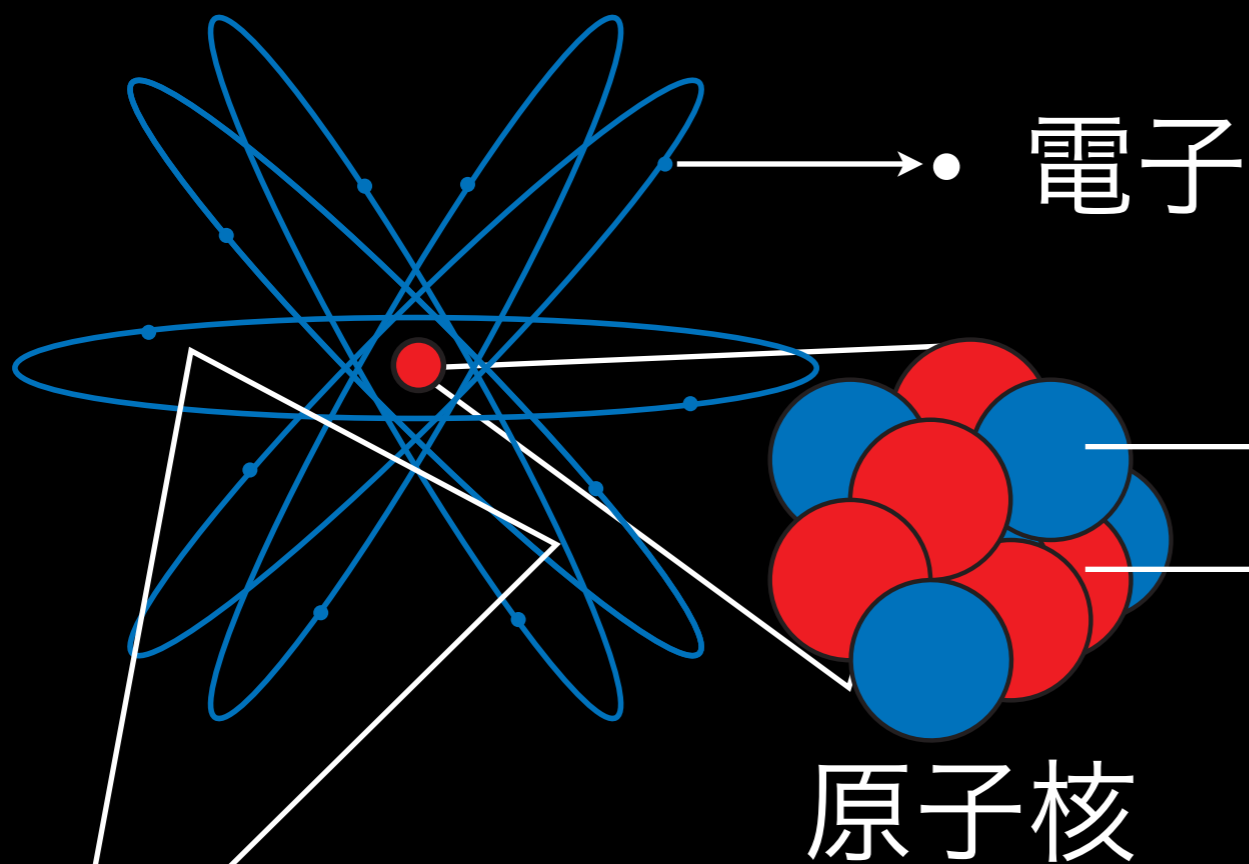
* 提供：杉山直氏（名古屋大学）

History of the Universe



元素の誕生

原子



原子核の種類が
化学元素を決めている

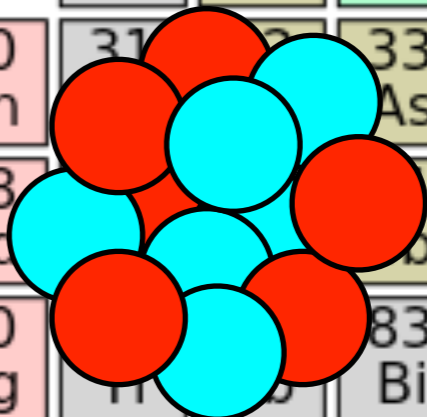
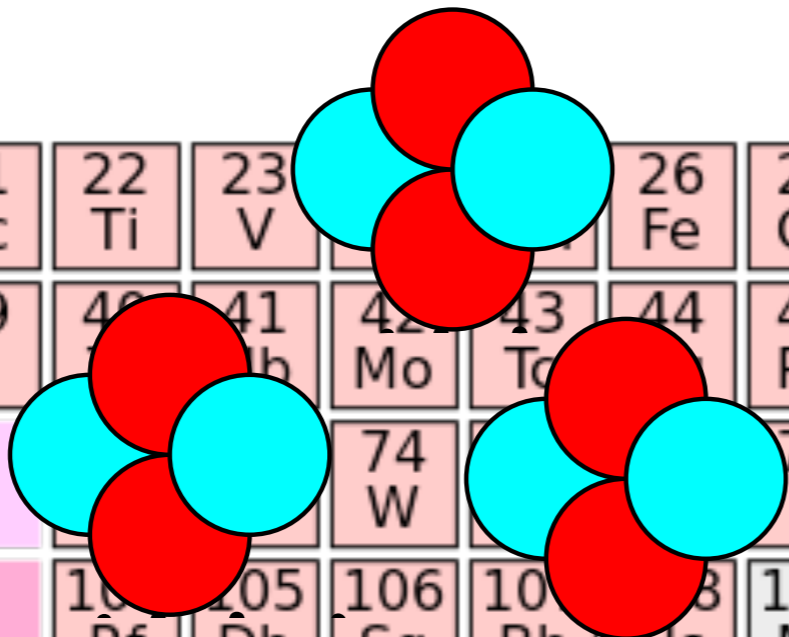
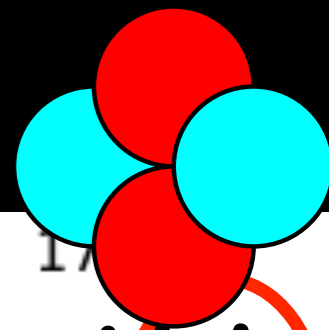
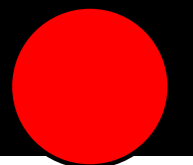
ビッグバン直後は

水素とヘリウムだけ

Periodic table by DePiep, from
Wikimedia Commons
(2013/10/03) CC BY-SA 3.0
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Periodic_table_%28polyatomic%29.svg

Group→	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18														
↓Period																																
1	1 H																	2 He														
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne														
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar														
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr														
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe														
6	55 Cs	56 Ba	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
7	87 Fr	88 Ra	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Uut	114 Fl	115 Uup	116 Lv	117 Uus	118 Uuo

星の中で組み立てた



Lanthanides

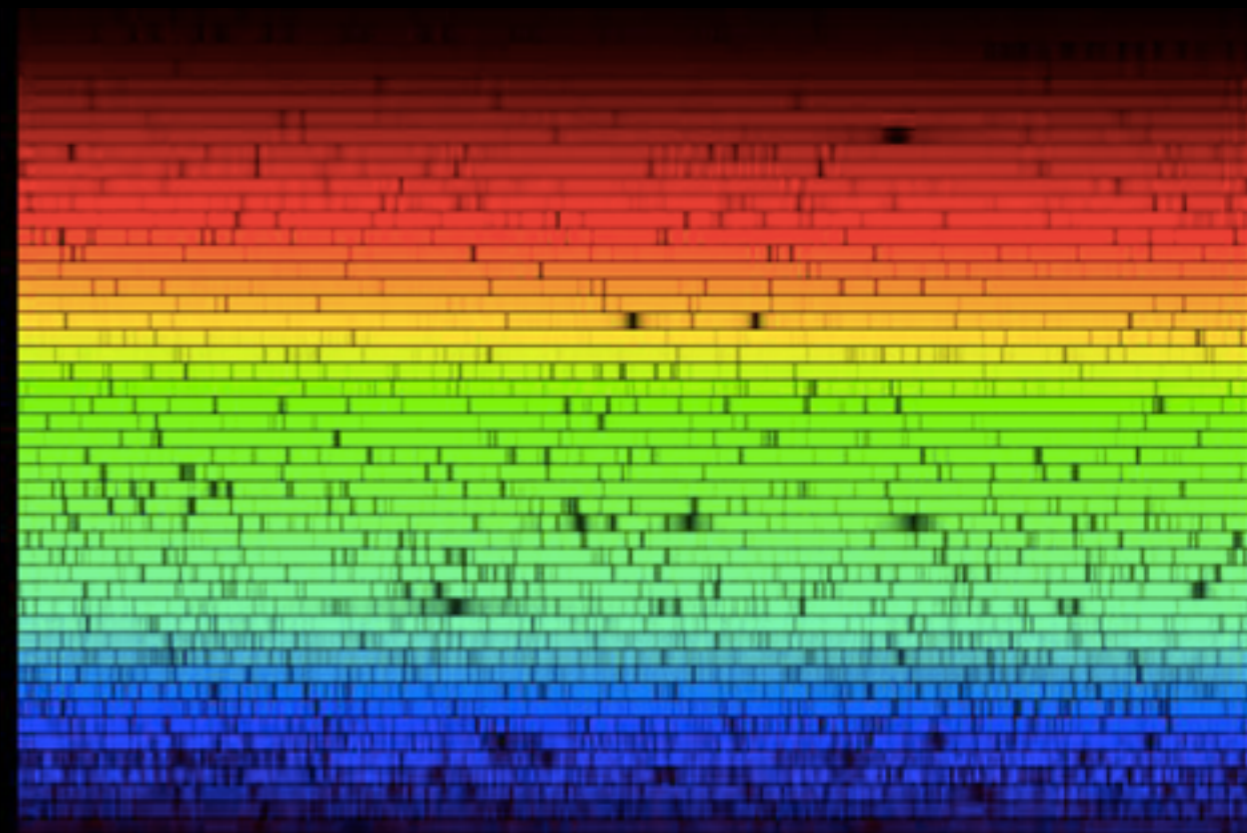
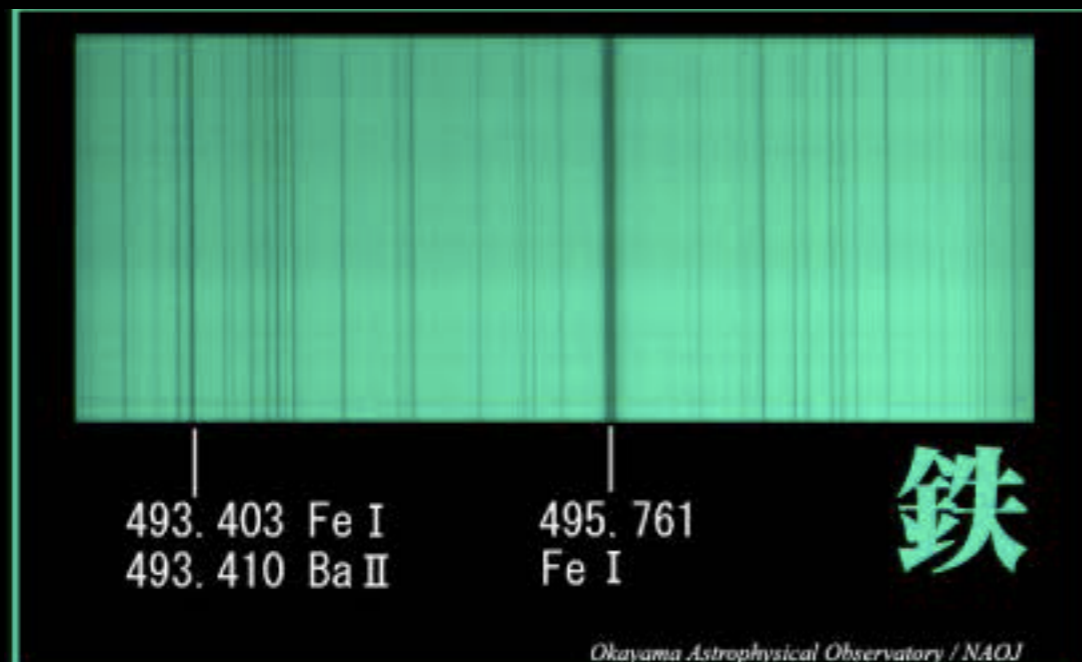
57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Actinides

89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr
----------	----------	----------	---------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	-----------	-----------	-----------

万物は原子でできている

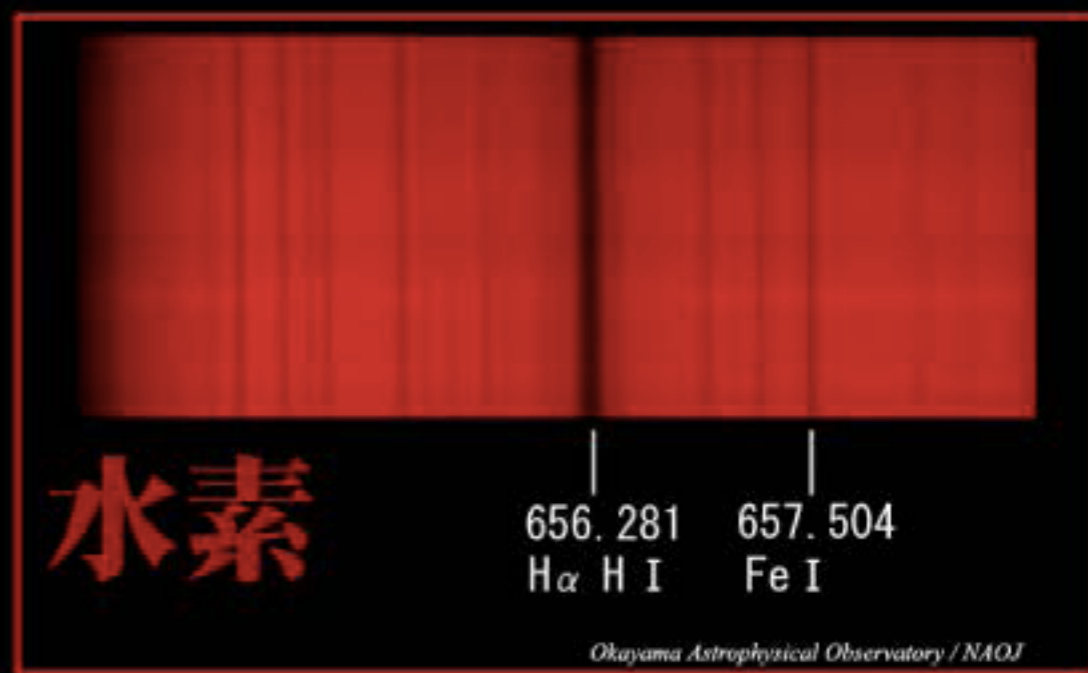
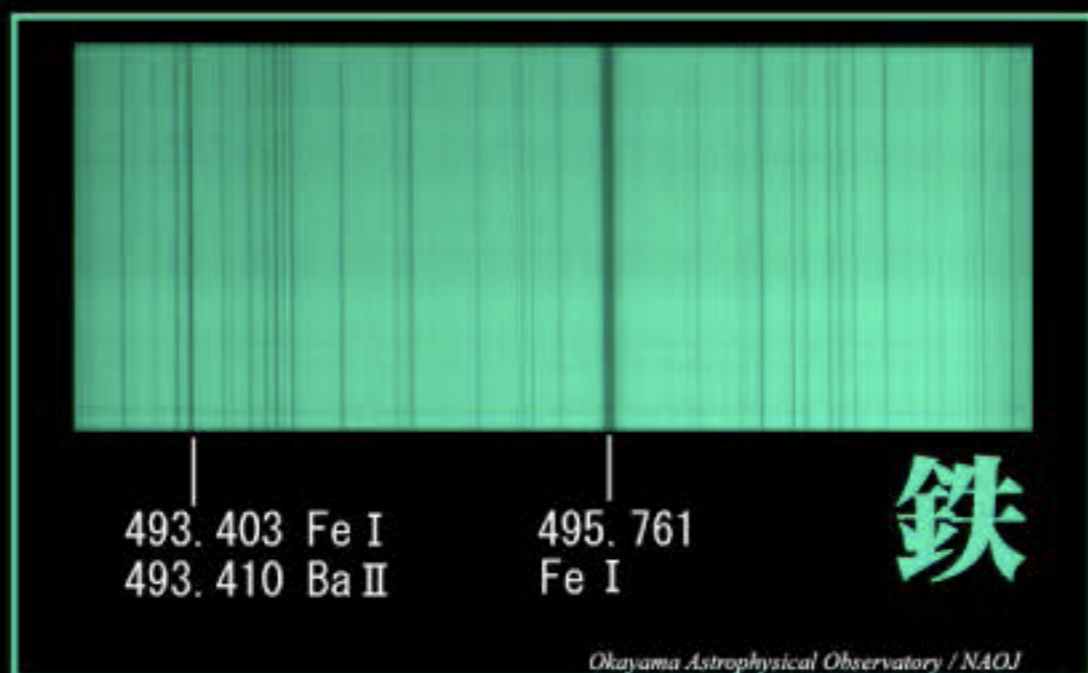
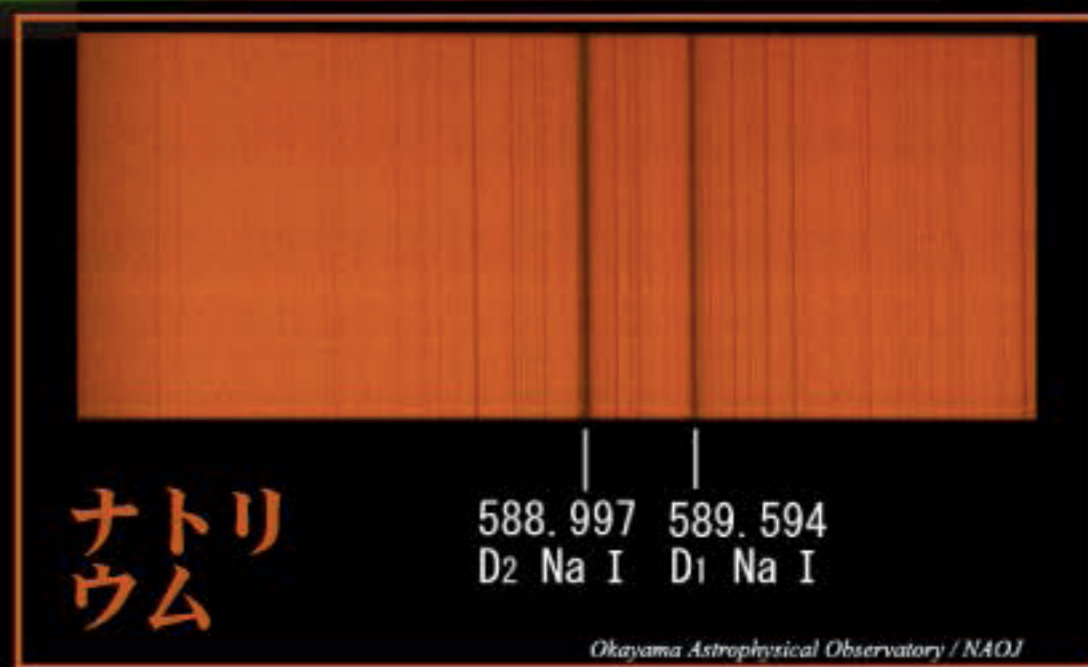
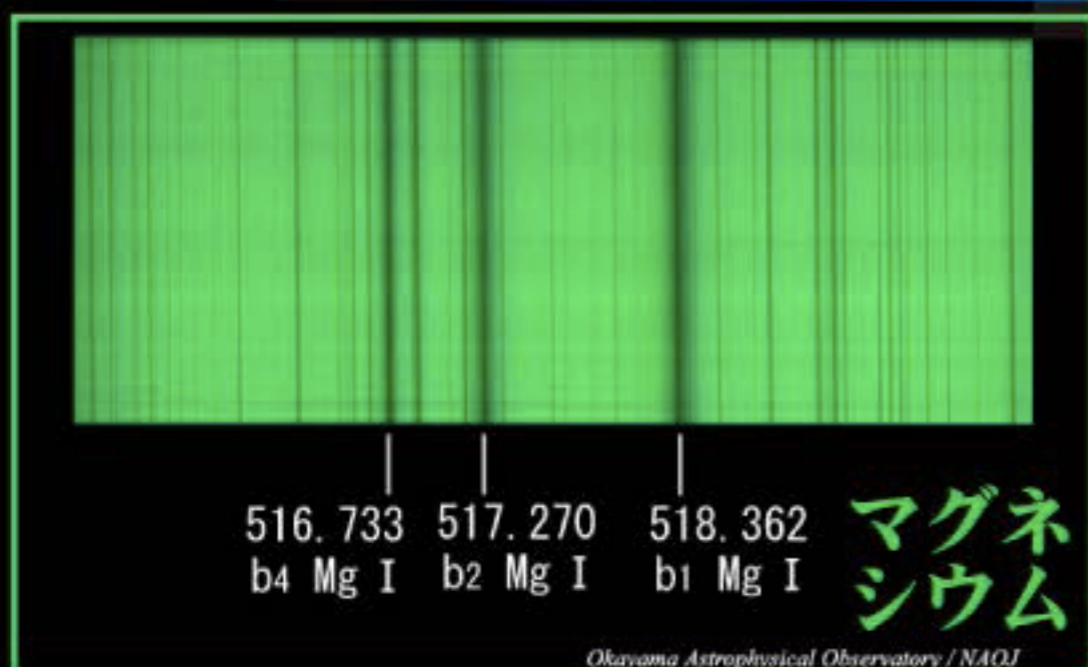
- 学校でそう習う
- 20世紀の天文学の偉大な発見：星も原子で出来ている
- 太陽からの光を分光



* Credit: N.A.Sharp, NOAO/NSO/Kitt Peak FTS/AURA/NSF

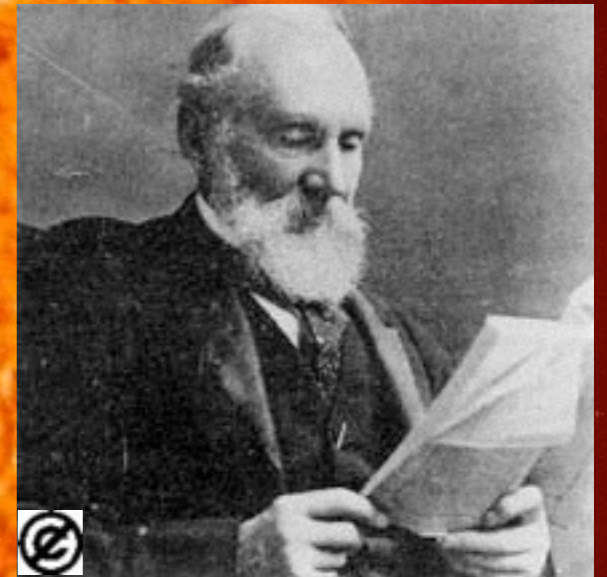
* 提供：国立天文台

太陽のスペクトル

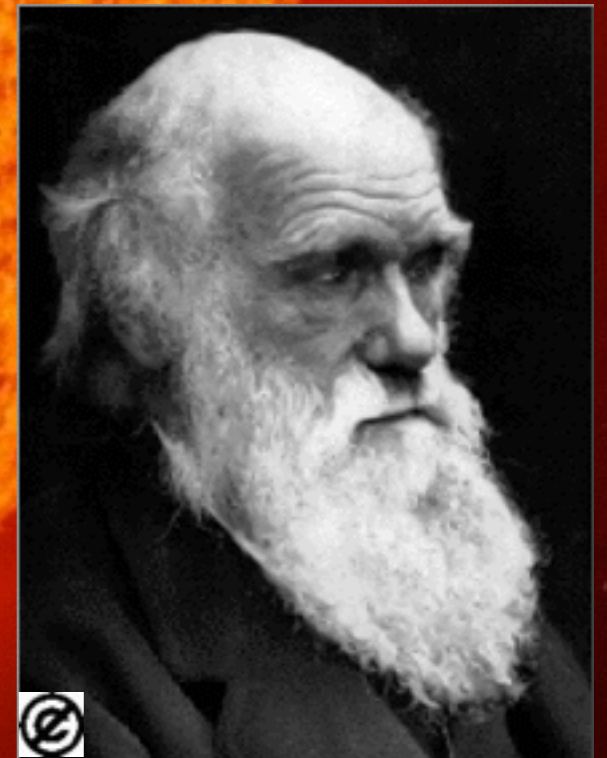


太陽はどうして光る？

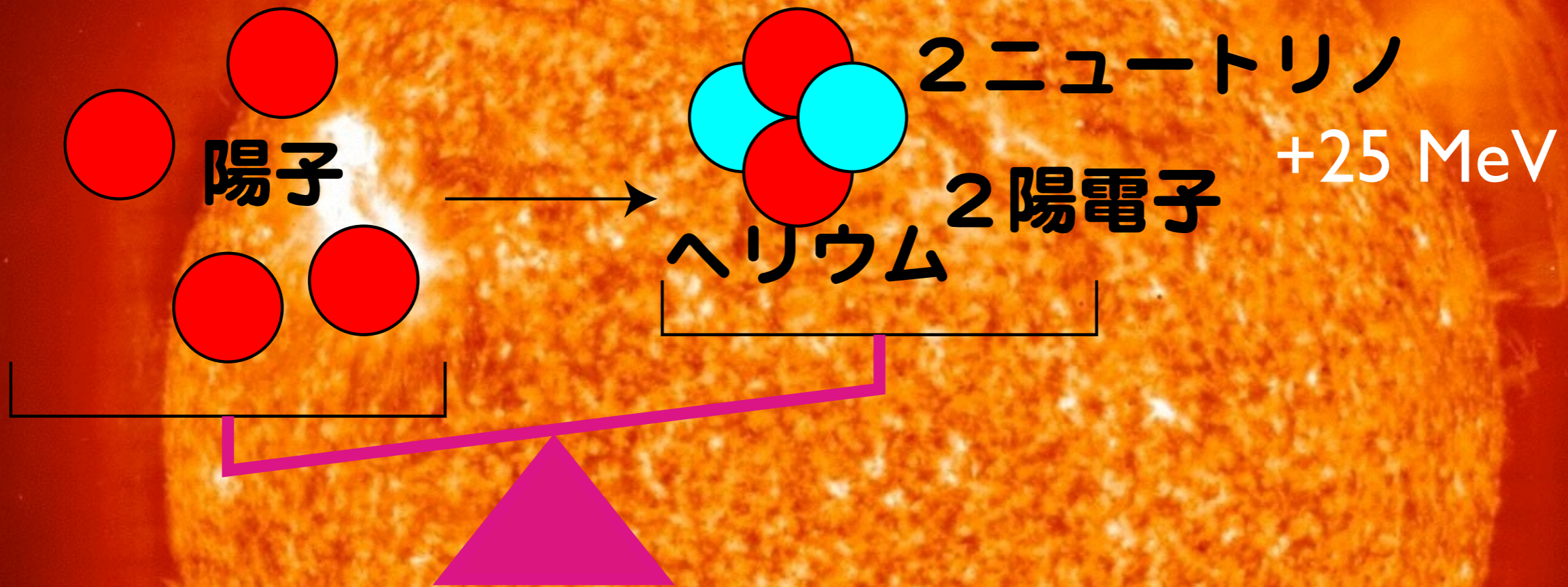
ケルビン卿：
太陽は2万年
以上持たない



ダーウィン：地質学と
生物の進化を考えると
3億年以上



原子が燃える？

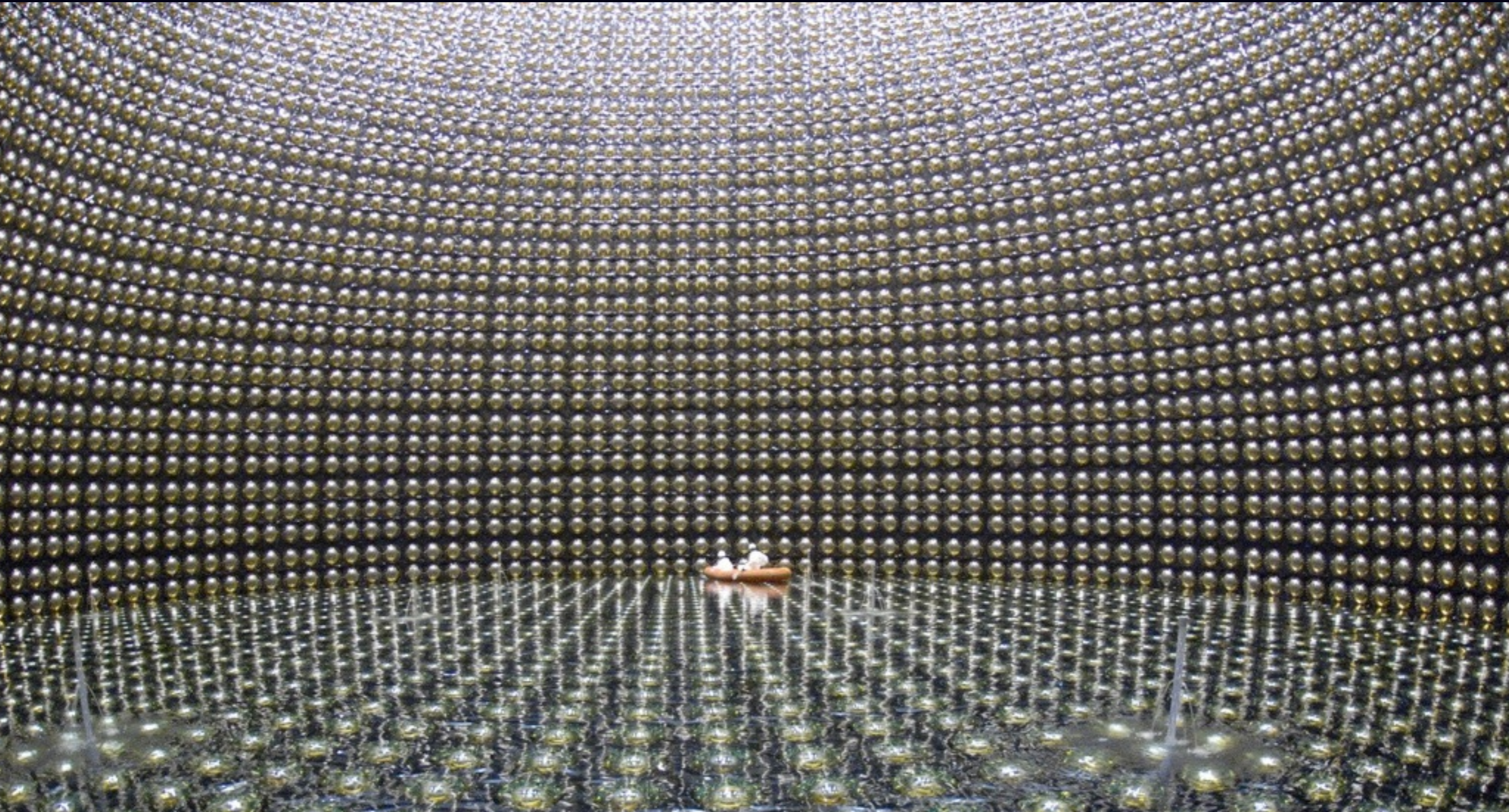


$E=mc^2$
太陽は毎秒
40億キログラム
軽くなる

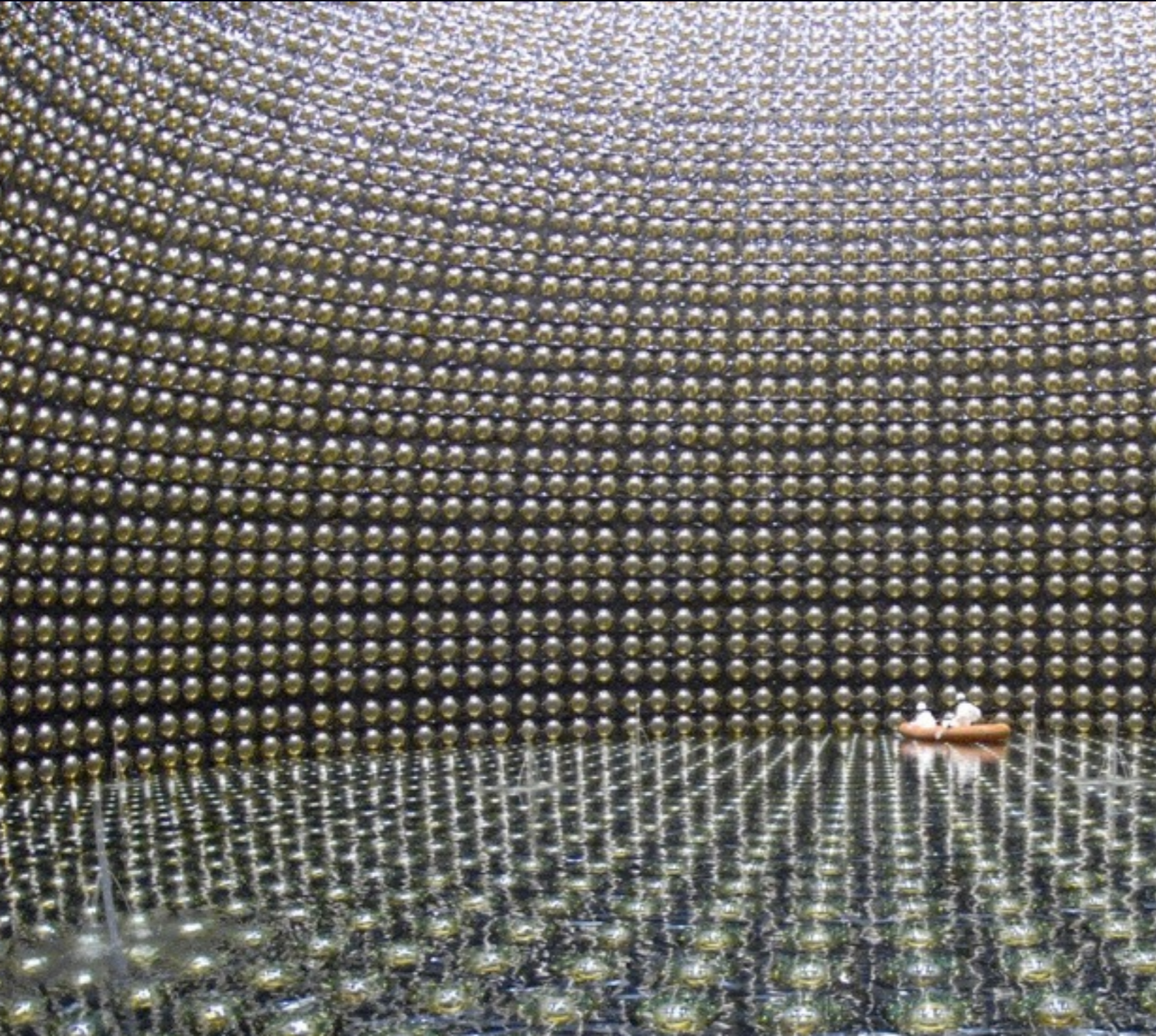
毎秒私たちの体を
百兆ものニュートリノが
通り抜ける

*
Image from: <http://sohowww.nascom.nasa.gov/gallery/SolarCorona/eit023.html>
Courtesy of SOHO (ESA & NASA)

見えない ニュートリノを見る



見えない ニュートリノ



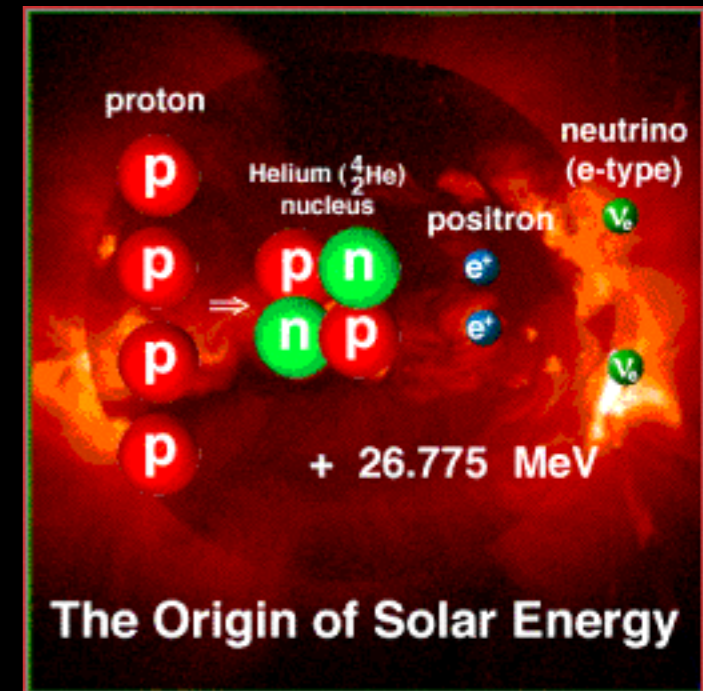
*

*

スーパーカミオカンデ
SuperK

決定的証拠

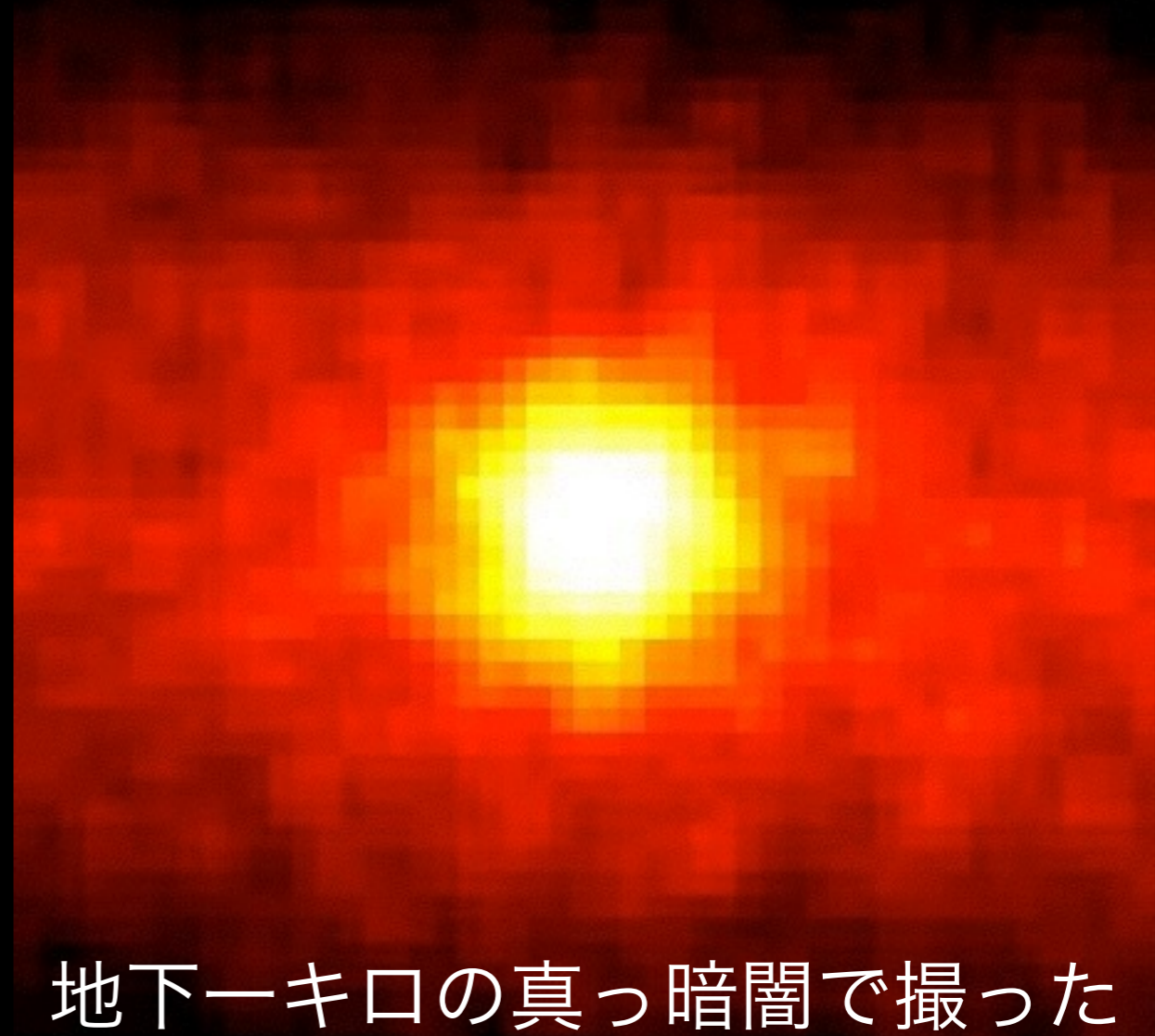
太陽の中の核融合でニュートリノができる
毎秒私たちの体を何十兆と通り抜ける



* ©2009 The Regents of the University of California



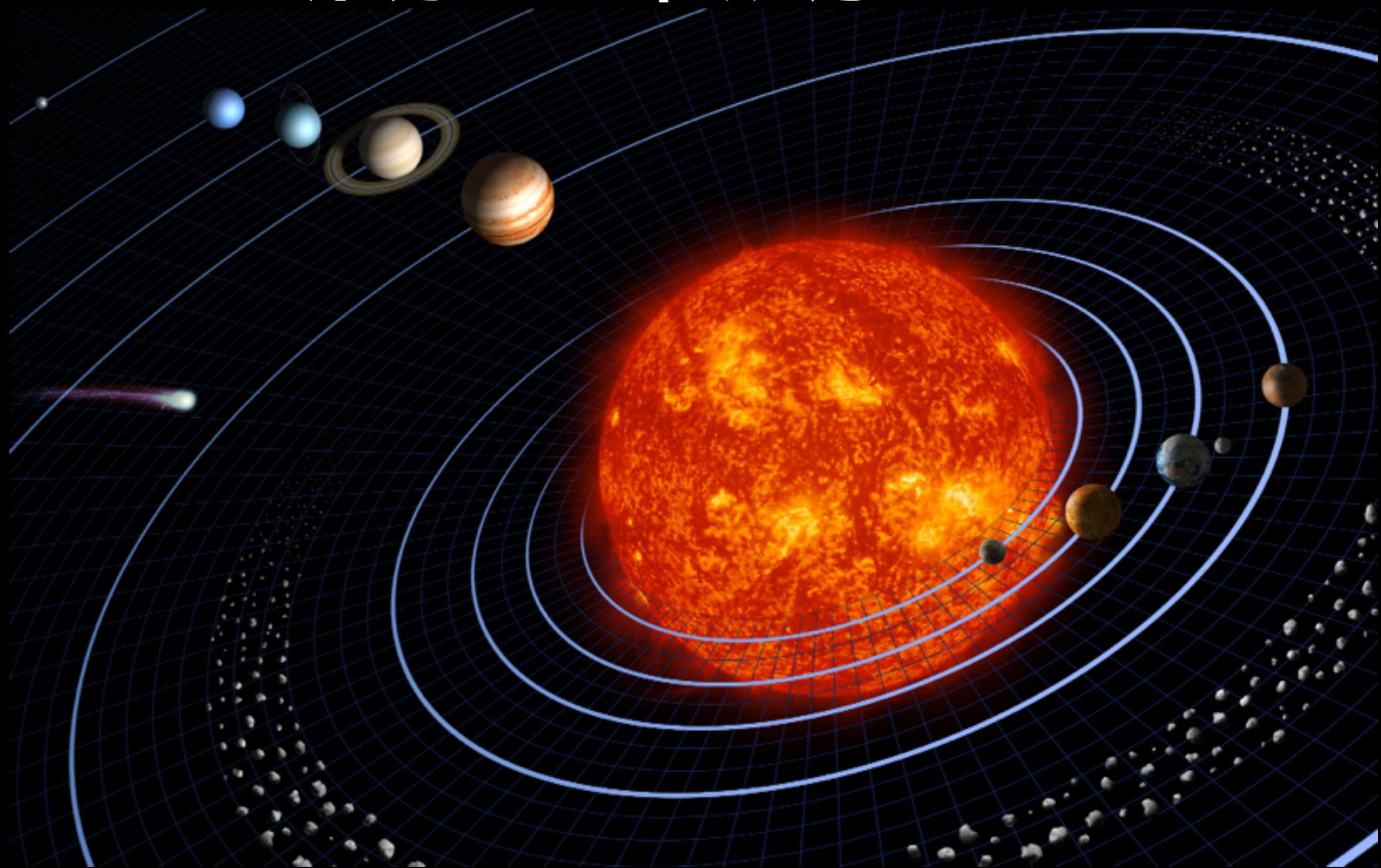
* 提供：鈴木厚人氏 (KEK)



地下一キロの真っ暗闇で撮った

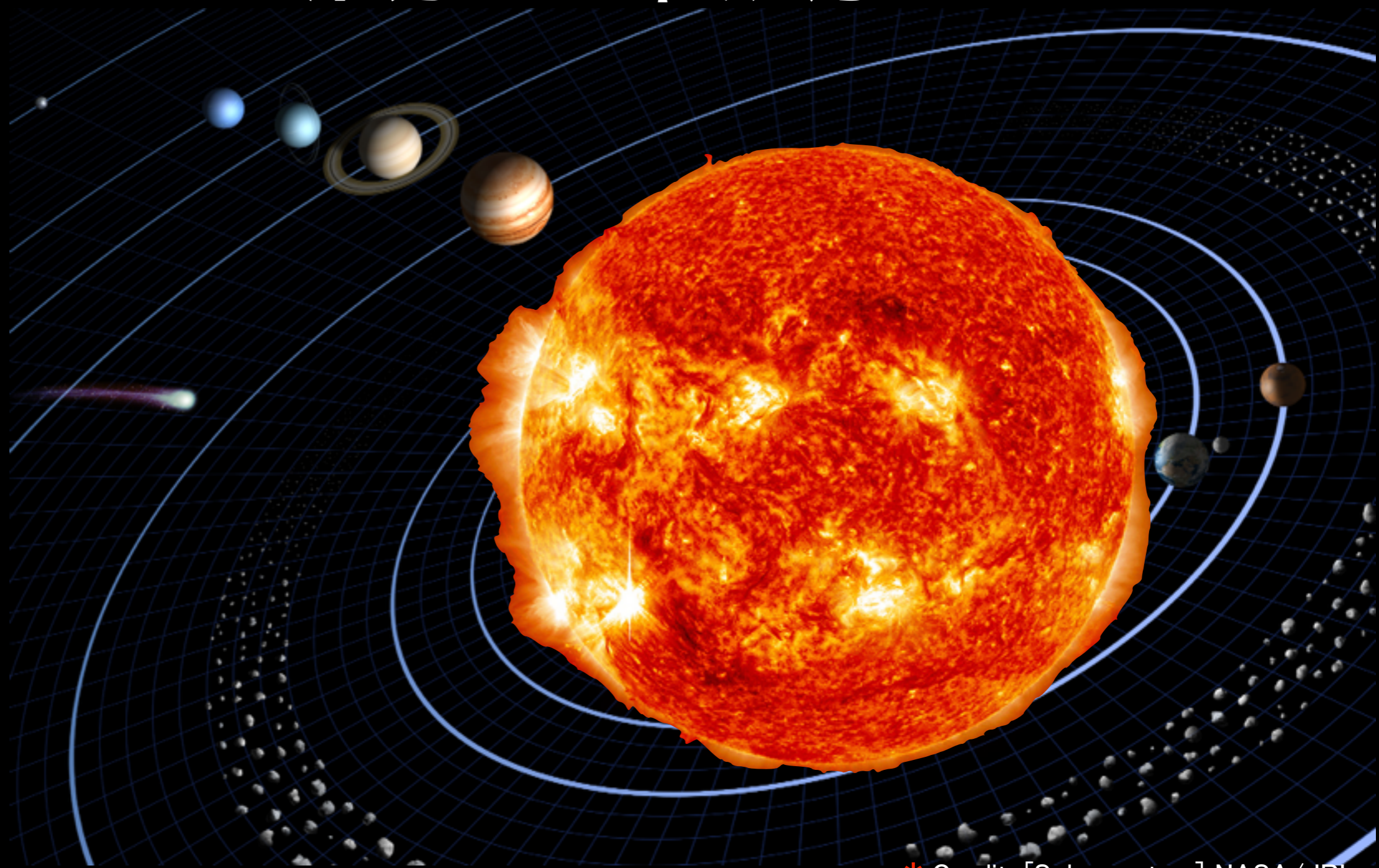
* Credit: R. Svoboda, University of California, Davis [for Super-Kamiokande]

太陽の最期



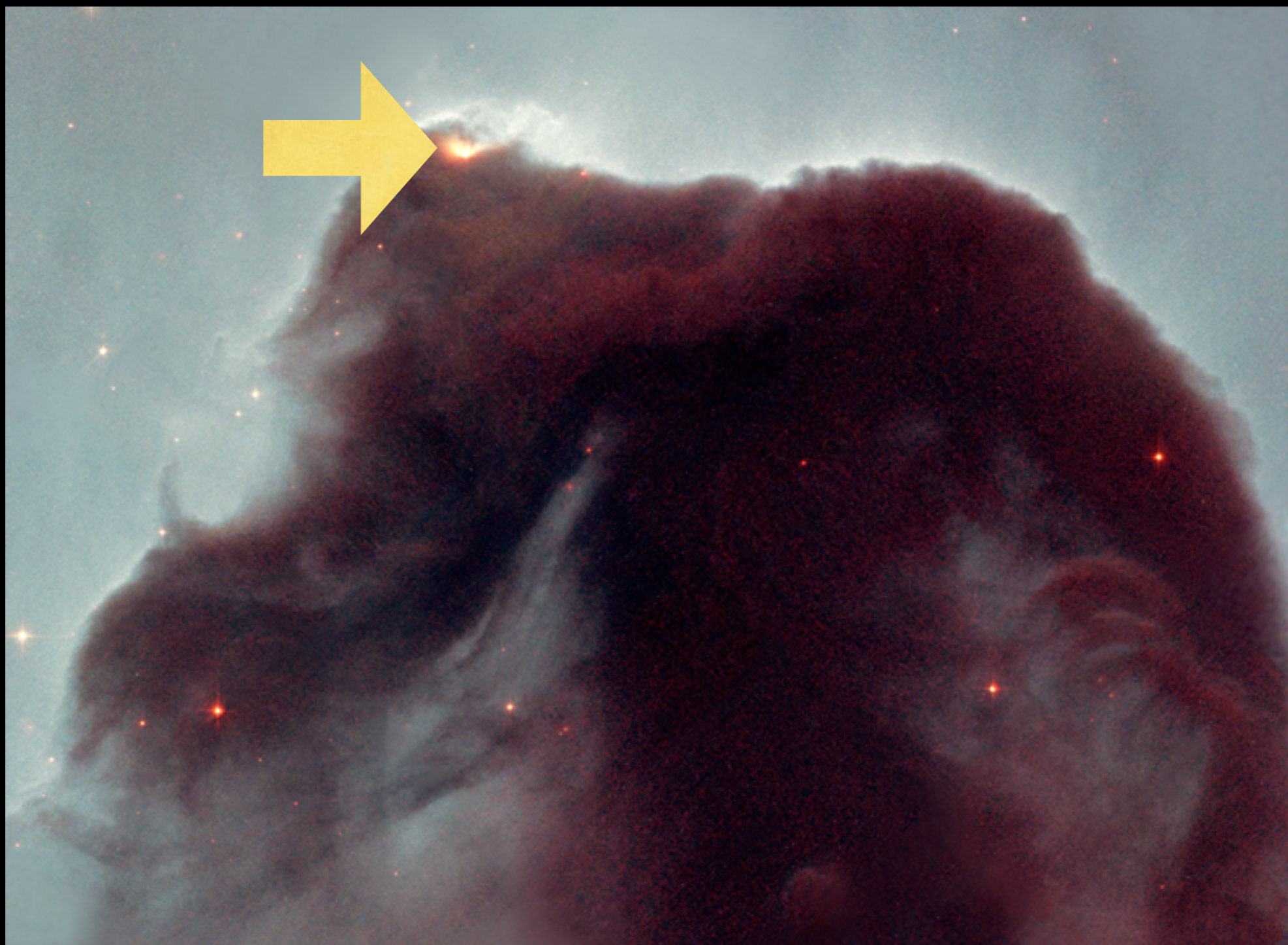
* Credit: NASA/JPL

太陽の最期



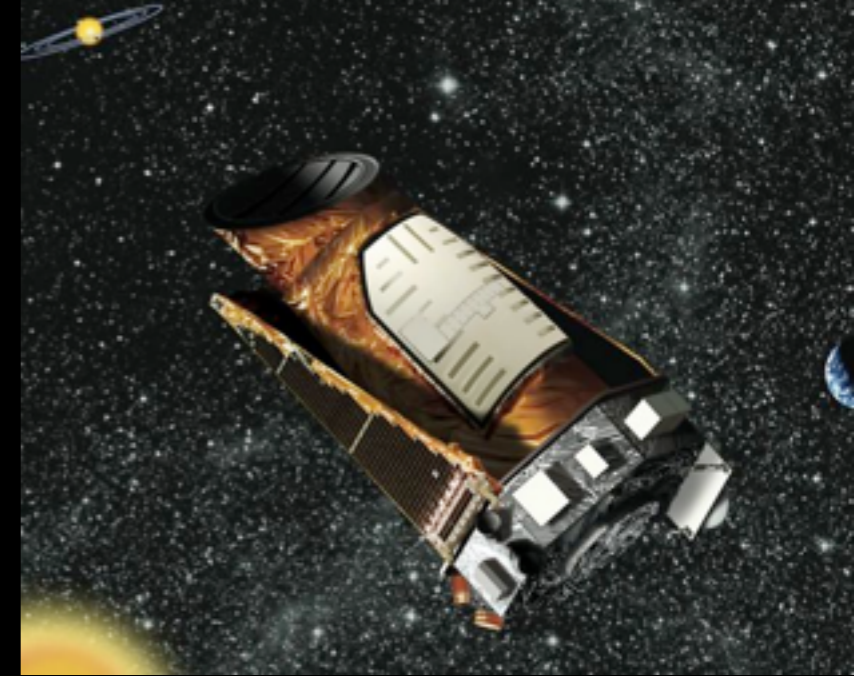
* Credit: [Solar system] NASA/JPL
[Sun] NASA/SOD

新しい星



* Image Credit:
NASA (Hubble
Space Telescope)

惑星



* Credit: NASA/Kepler mission/Wendy Stenzel

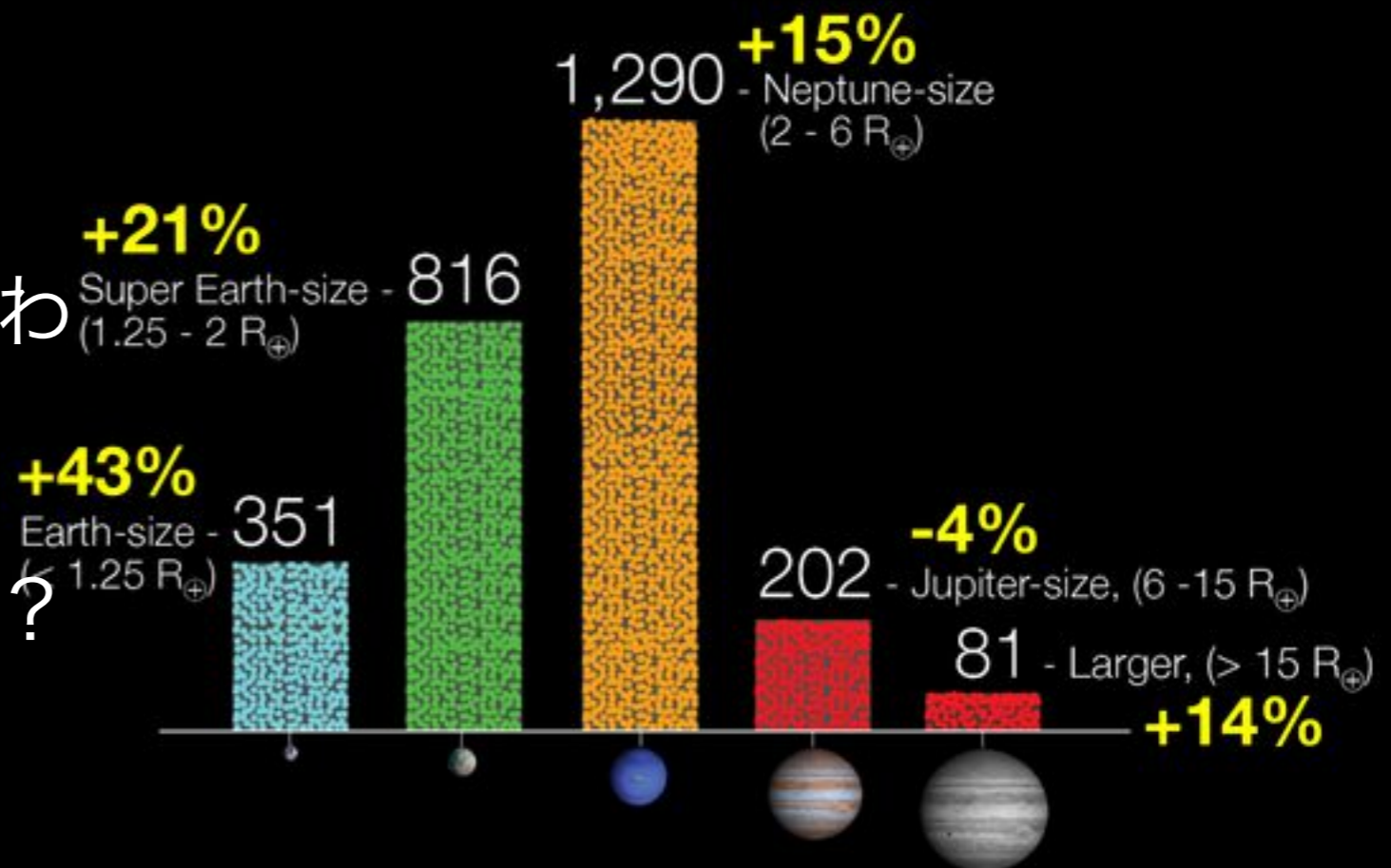
- 今は太陽系外の惑星の候補が2000個以上も見つかっている

Kepler

- 中には「地球型」
- 液体の水があると思われるものも
- 生物がいるか?????

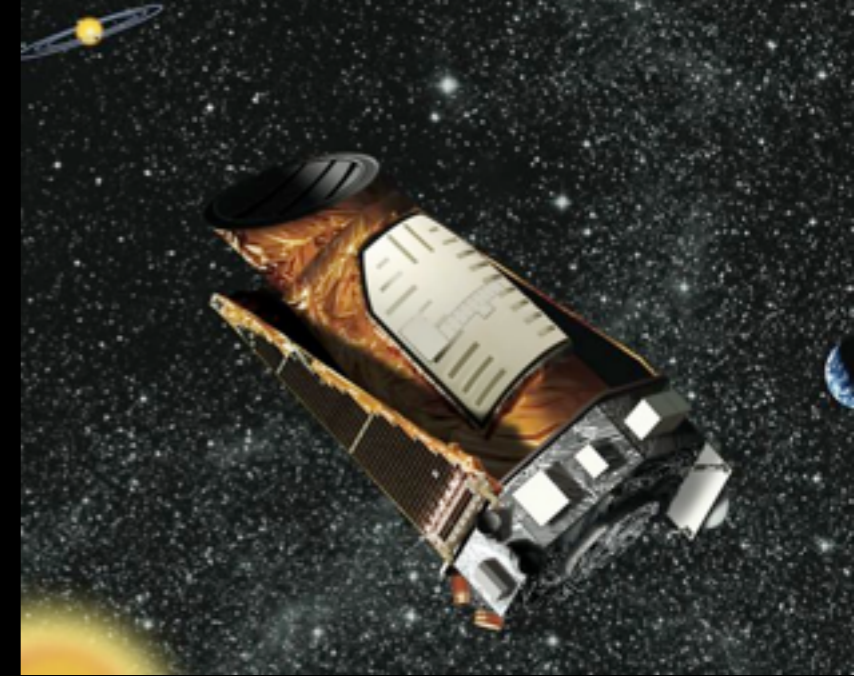
Sizes of Planet Candidates

As of January 7, 2013



* Credit: NASA Ames/Wendy Stenzel

惑星



* Credit: NASA/Kepler mission/Wendy Stenzel

- 今は太陽系外の惑星の候補が2000個以上も見

Kepler

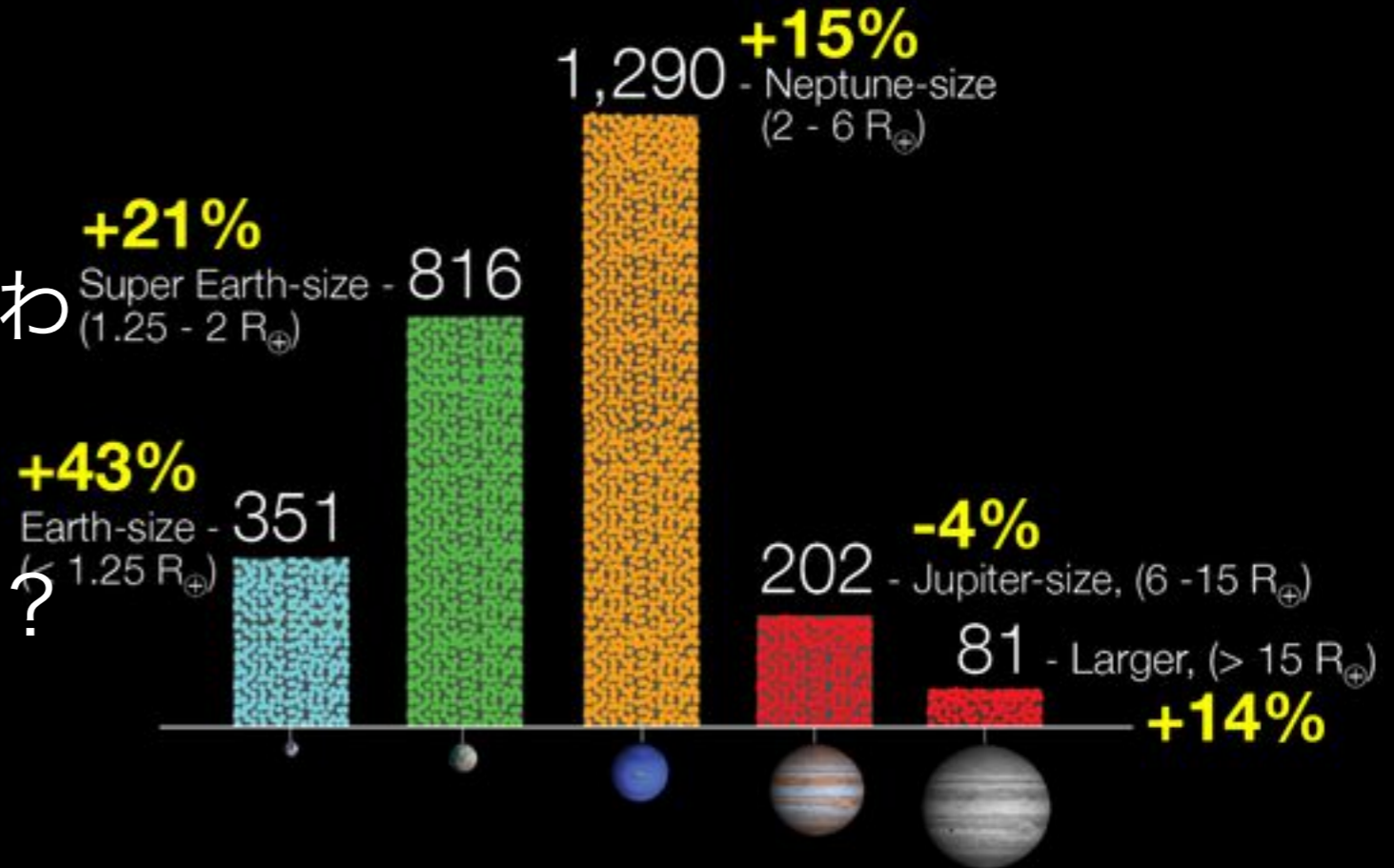
Sizes of Planet Candidates

As of January 7, 2013

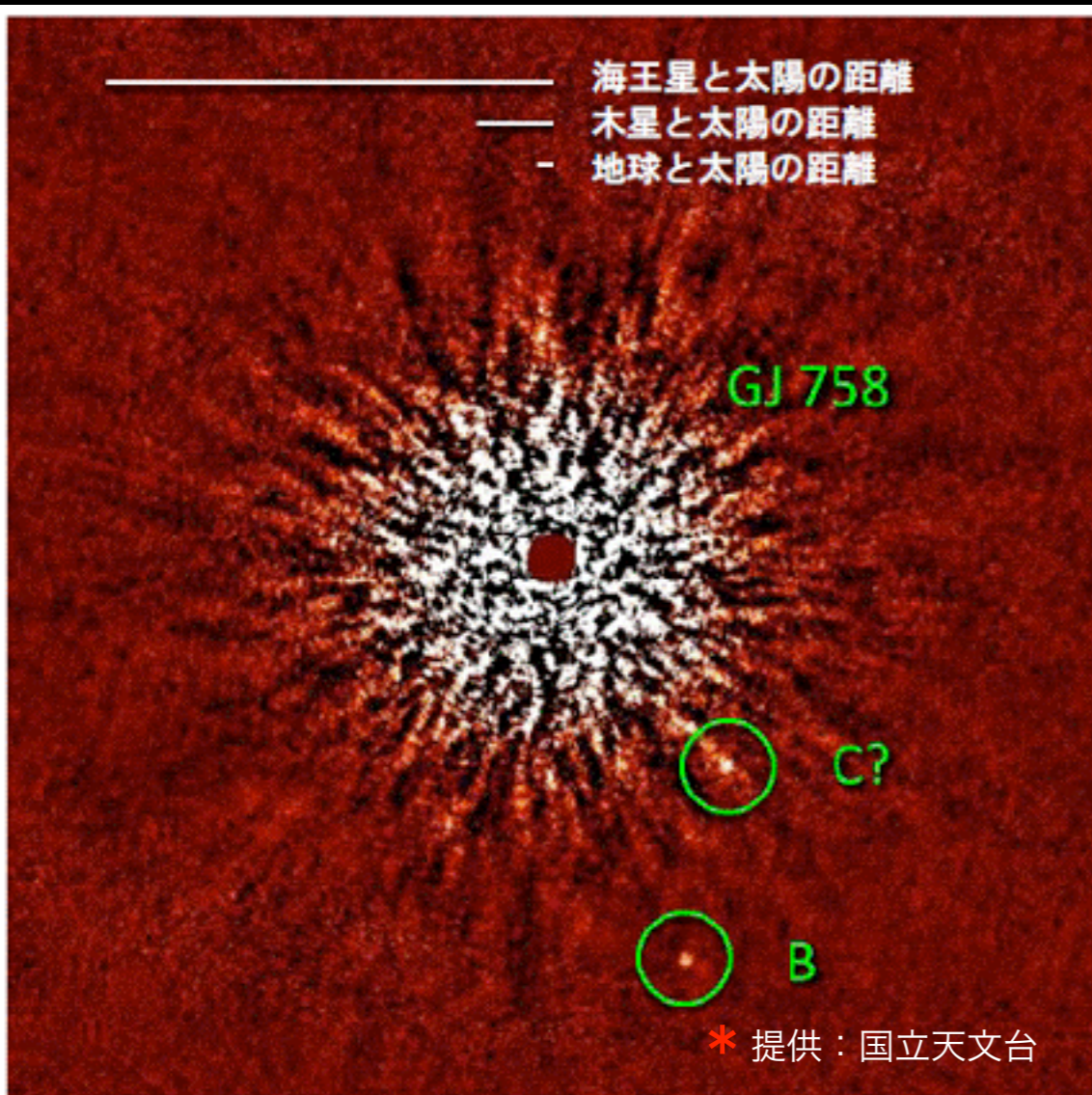


思わ

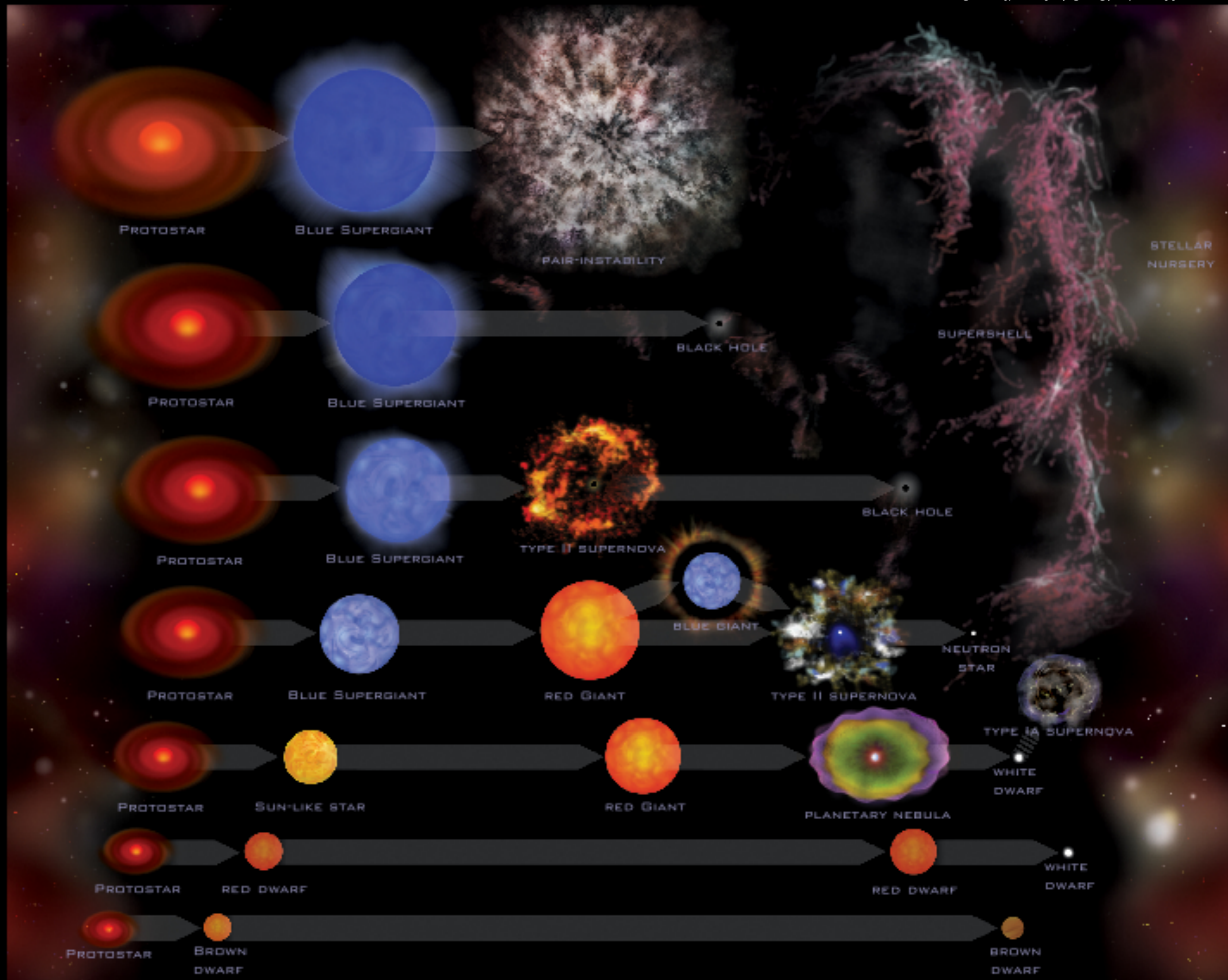
? ?



* Credit: NASA Ames/Wendy Stenzel



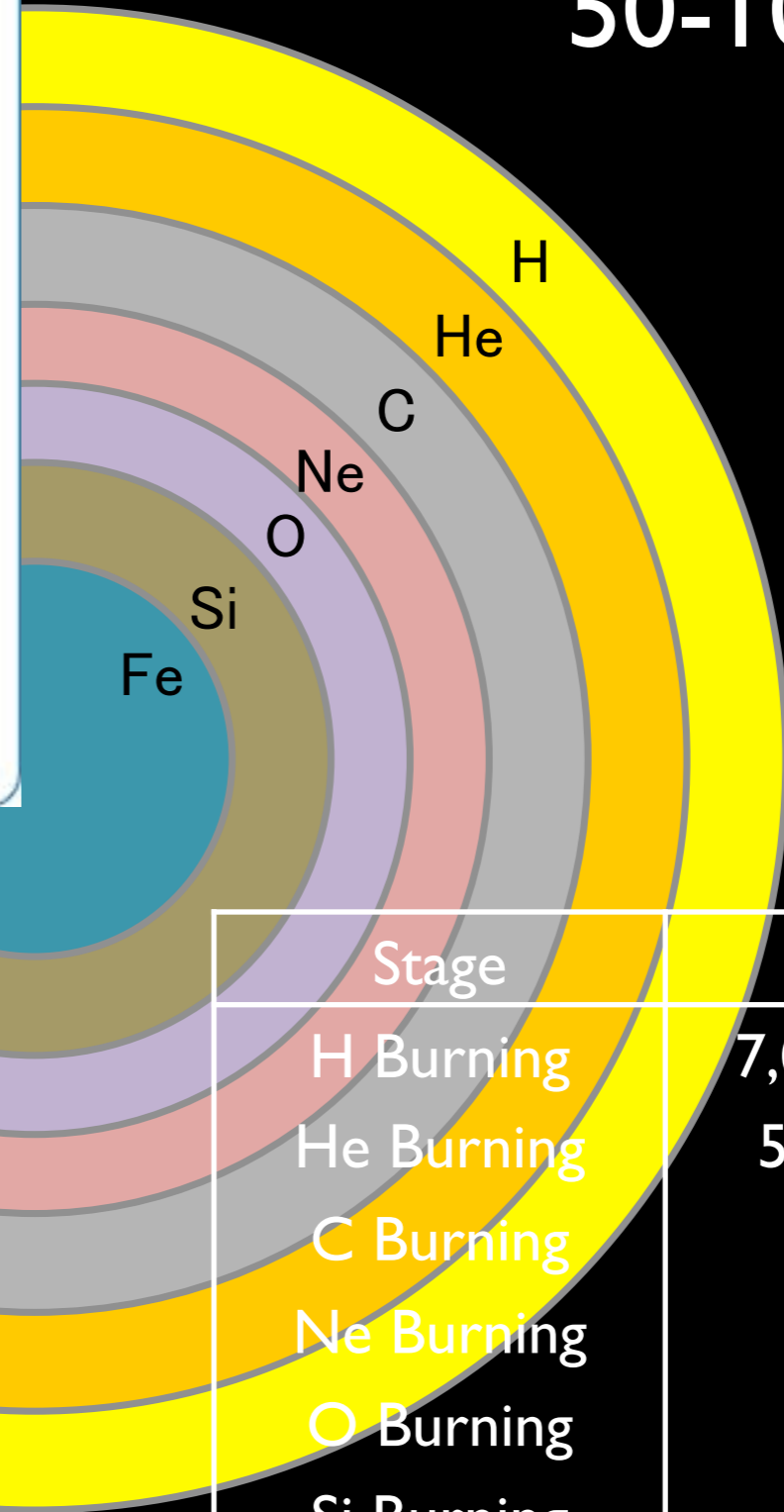
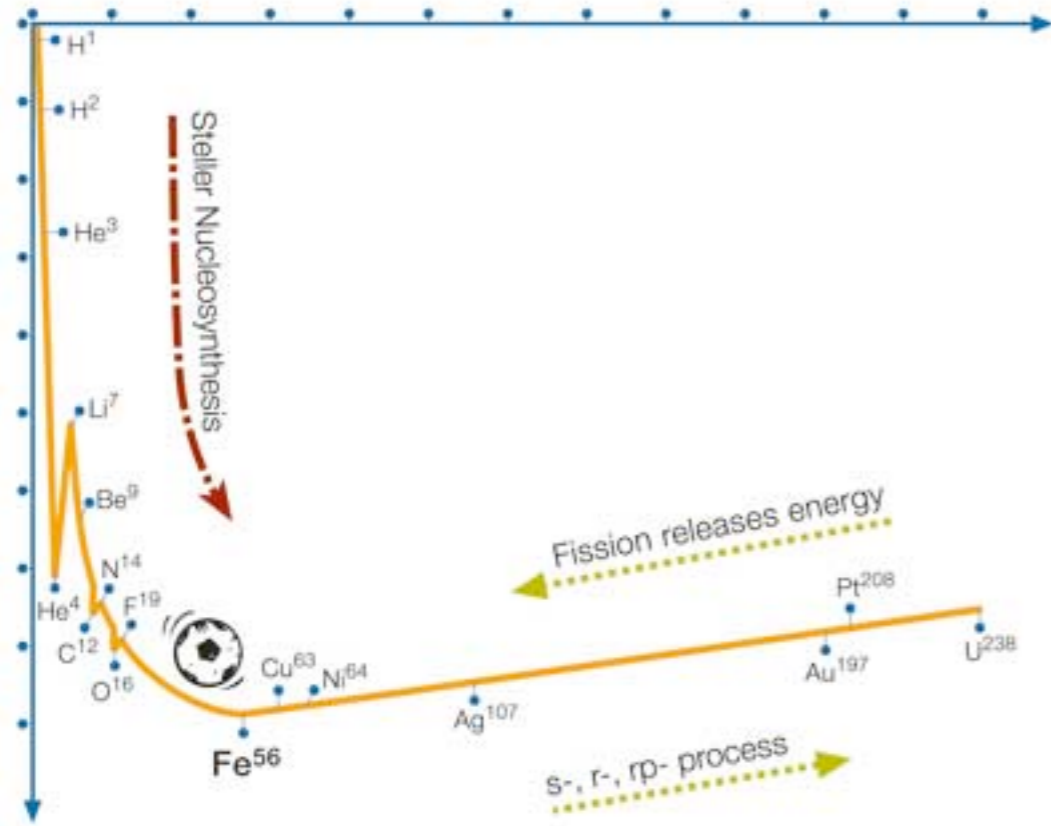
* 提供：国立天文台



銀河系で
50-100年に一つ

質量が減る度合い

核子数 Z



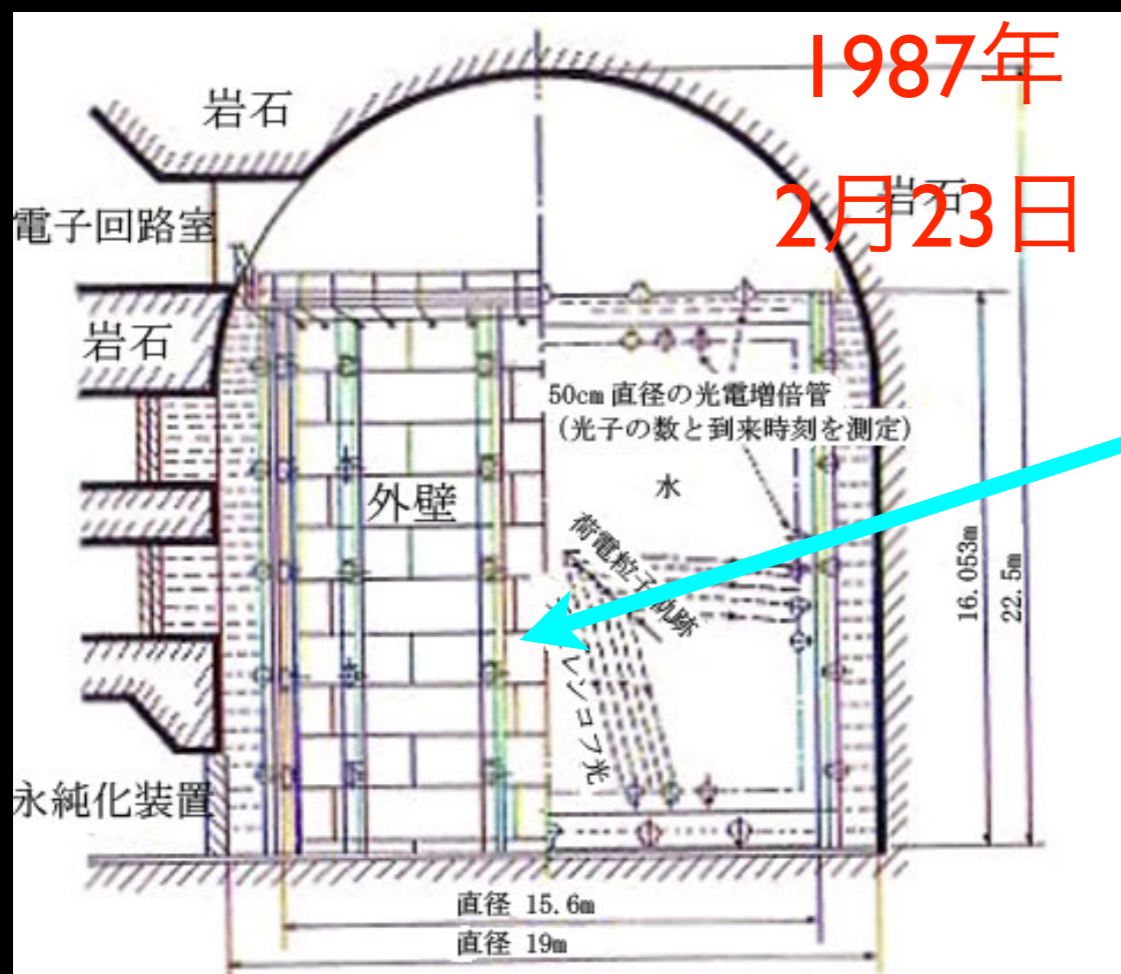
* Courtesy of Mafalda Martins, ESO

Stage	Timescale
H Burning	7,000,000 years
He Burning	500,000 years
C Burning	600 years
Ne Burning	1 year
O Burning	6 month
Si Burning	1 day

寿命の例

かなり大きな星

* 東京大学 UTokyo OCW 学術俯瞰講義
Copyright 2005, 小柴昌俊



1987年

2月23日

16万年



* ©1989-2010, Australian Astronomical Observatory, photograph by David Malin

図 1.5 神岡鉱山の地下 1000 メートルに設置されているカミオカンデ装置

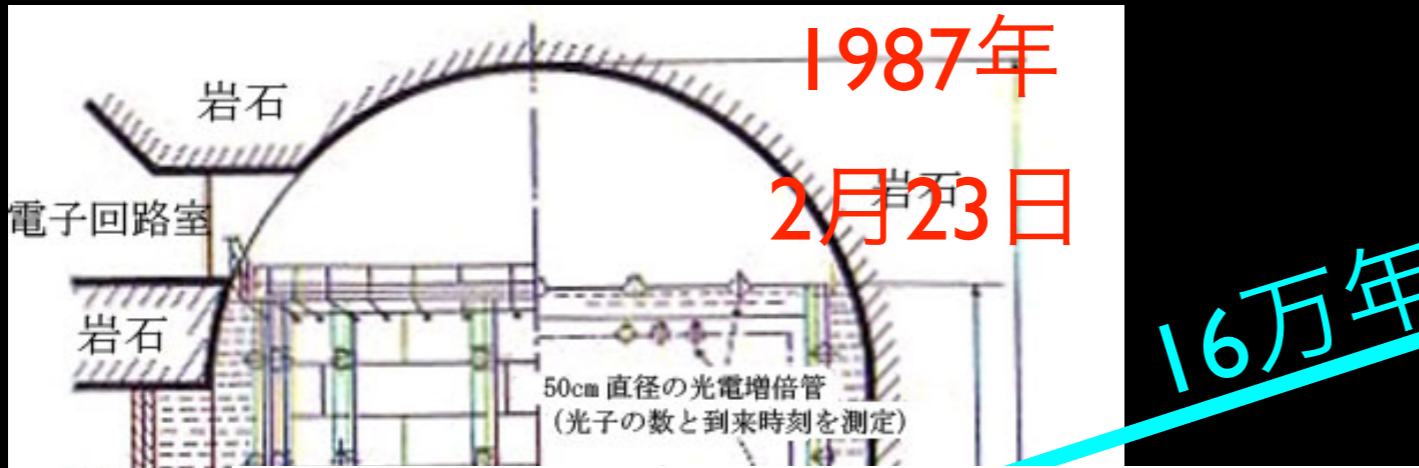


*画像出典：東京大学
2005年度学術俯瞰講義
ポスター

ノーベル物理学賞
2002年

強運

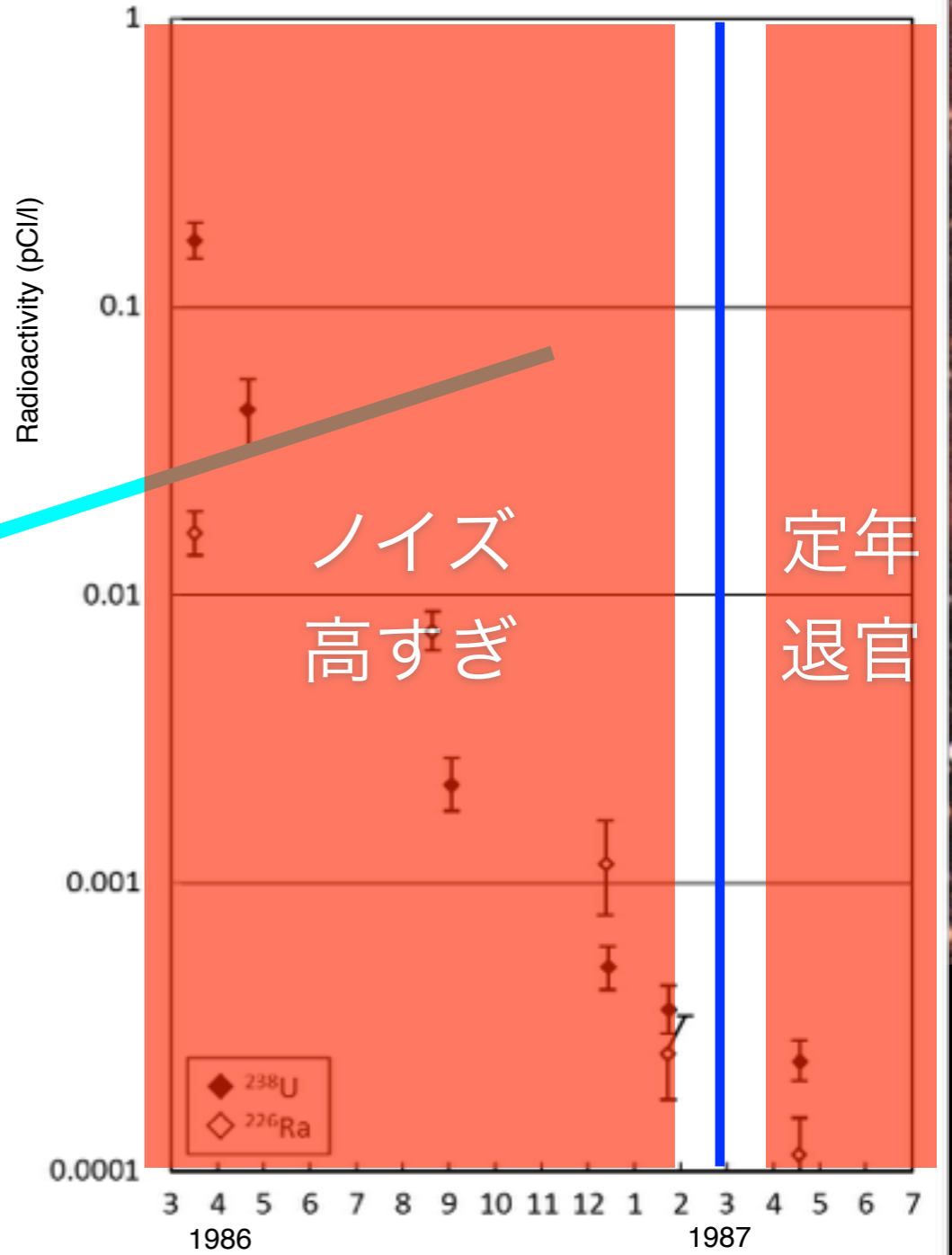
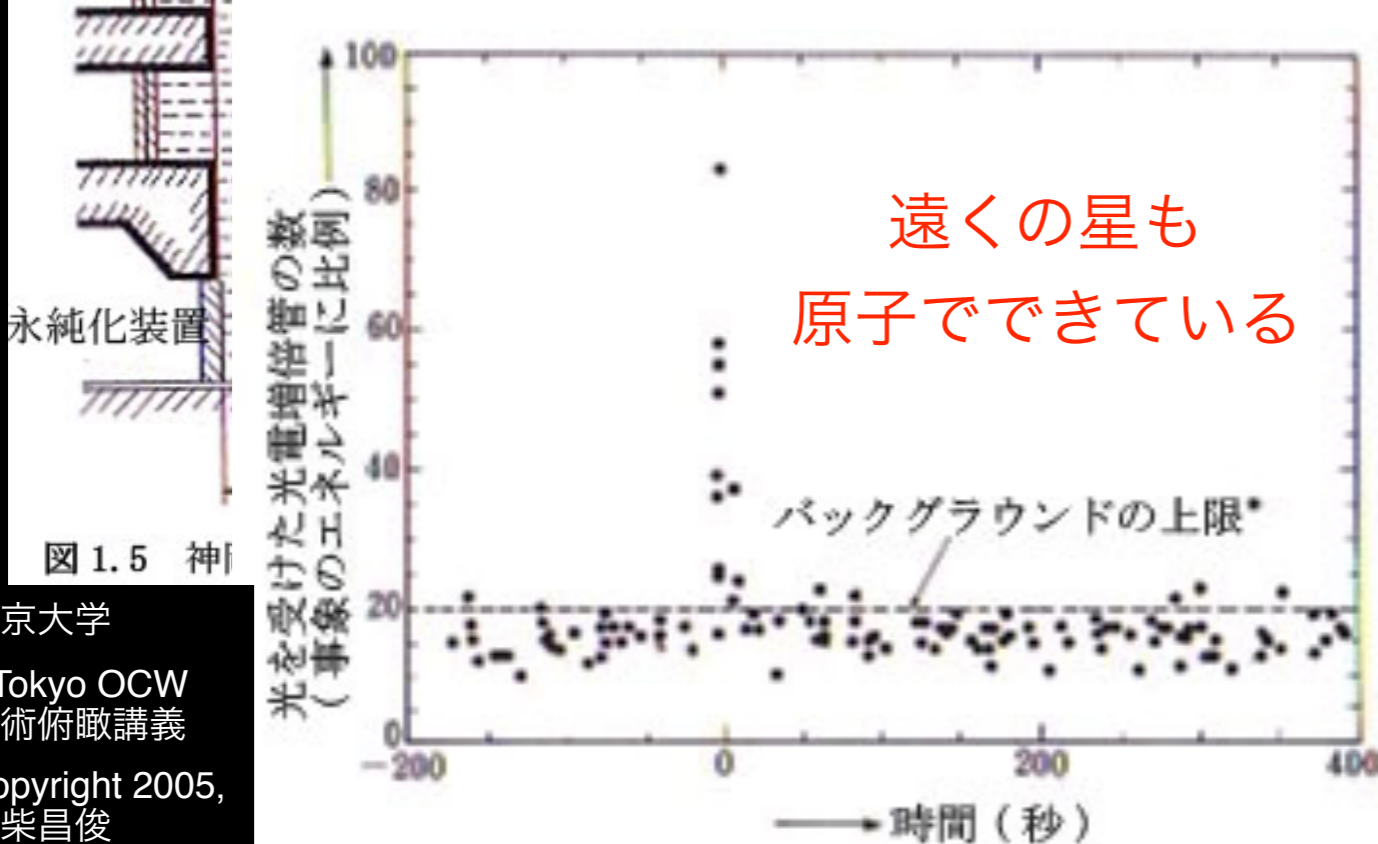
* 東京大学 UTokyo OCW 学術俯瞰講義
Copyright 2005, 小柴昌俊



1987年

2月23日

16万年



* 東京大学
UTokyo OCW
学術俯瞰講義
Copyright 2005,
小柴昌俊

Kajita et.al. (2012) On the origin of the Kamiokande experiment and neutrino astrophysics, The European Physical Journal H, vol. 37(no.1):33-73, p.48 Fig.18を元に作成

水素
ヘリウム

炭素
窒素
酸素
鉄



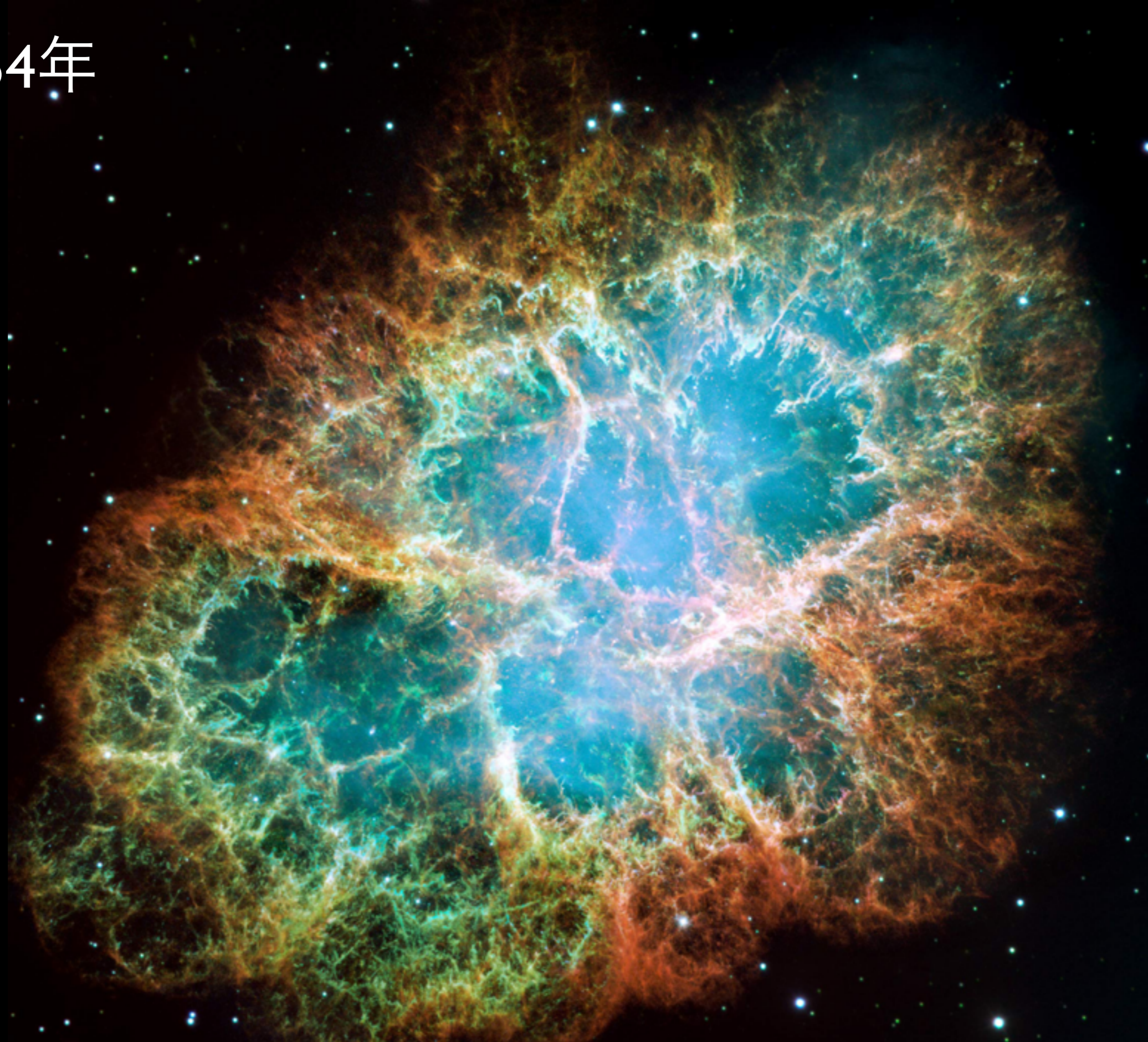
© Anglo-Australi

* ©1989-2010, Australian Astronomical Observatory, photograph by David Malin



私たちは星屑

1054年



超新星爆発の残骸（かに星雲）

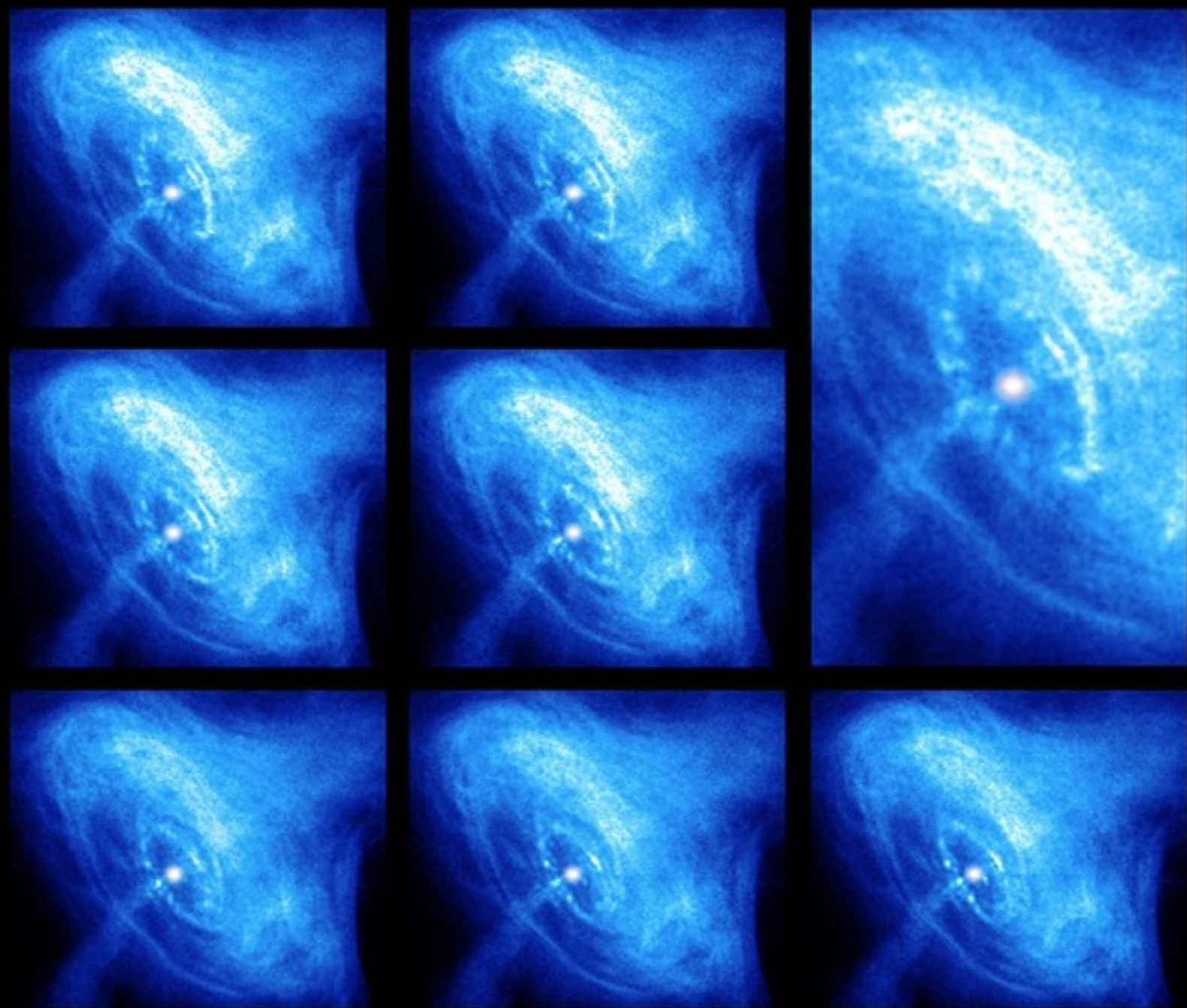
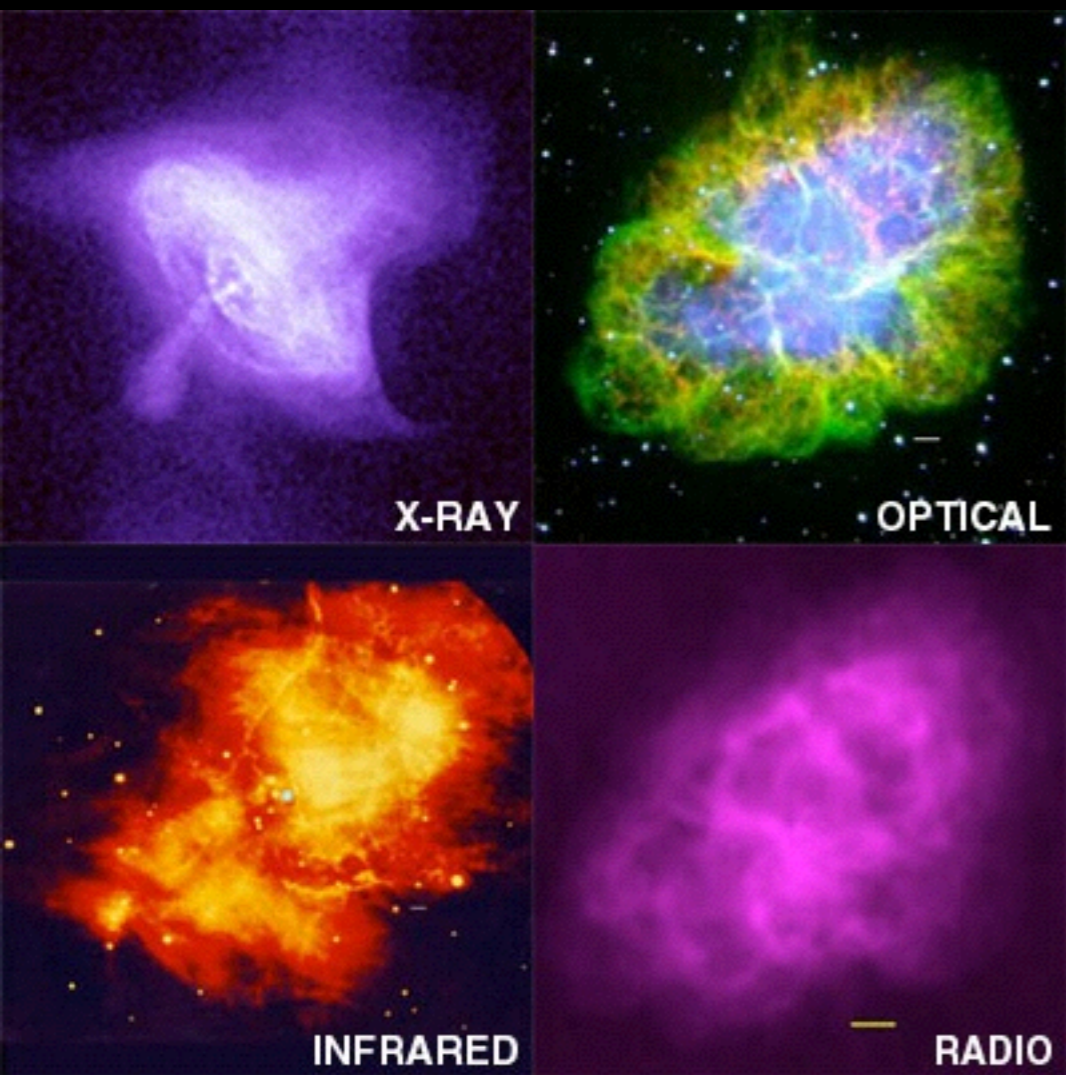
* Credit: NASA/ESA/
J. Hester and A. Loll

力不及事歟、一昨日御拜賀、長御對、不得出後、殿下給、忠高申繼、北政所御方、實持中將申之、大河院、有教御共申之、安嘉門同人申、御送物每度取之、師季御車籠、實持御沓、次内、宗平申之云、大將隨身武直、御所長也、武守不孝之子、殿下一座季武被補番云、一旦之

以後七月以前、客星入羽林中、一條院寬弘三年四月、癸酉、夜以降騎官中有大客星、如癸惑、光明、連夜正見南方、或云、騎陣將軍星變本體增光歟、泉院天喜二年四月中旬以後丑時、客星出特參度、見東方、孝天關星、大如歲星、二條院永高二年四月廿二日、乙丑、亥時、客星慧見大微宮事、高倉院治承五年六月廿五日、庚午、戌時、客星見北方、近王良星守傳舍星、午終許心寂房來、事外付減之由加詞、但惡血之充滿非伺蛭時極難治云々、常隨給侍之小婢、依母病危急行南京、老病之最中失手臂之便、九日、丙申、朝天晴、春日祭日也、康平御忌日有限之日也、仍入夜可被修由申付興心房、未時許大宮禰尼來談、去五日入夜歸洛、侍從同案、著云々、入夜許始廿五三昧、宮女房適退出、明後日、十一御着帶云々、除目事殿下仰猶違可被行之由云々、五節以後云々、次第延引、只依申妨人多歟、更無其憑、右大臣殿又不可懈怠、猶々責申之、三今夜被仰云々、曉鐘以前事訖、

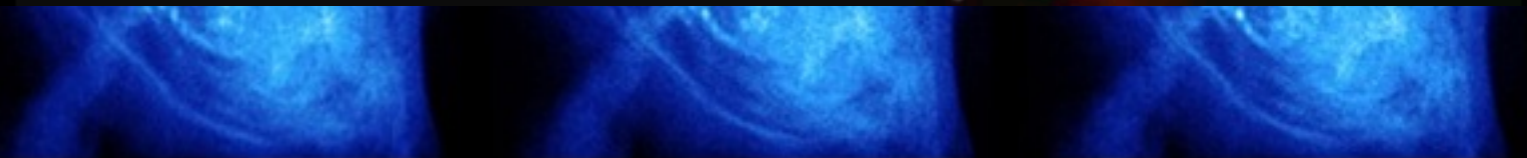
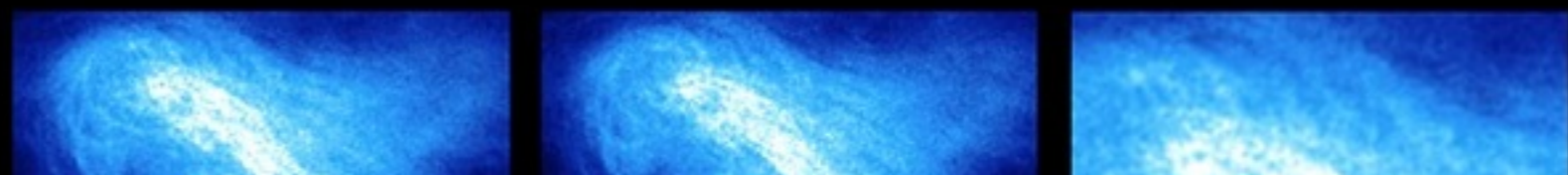
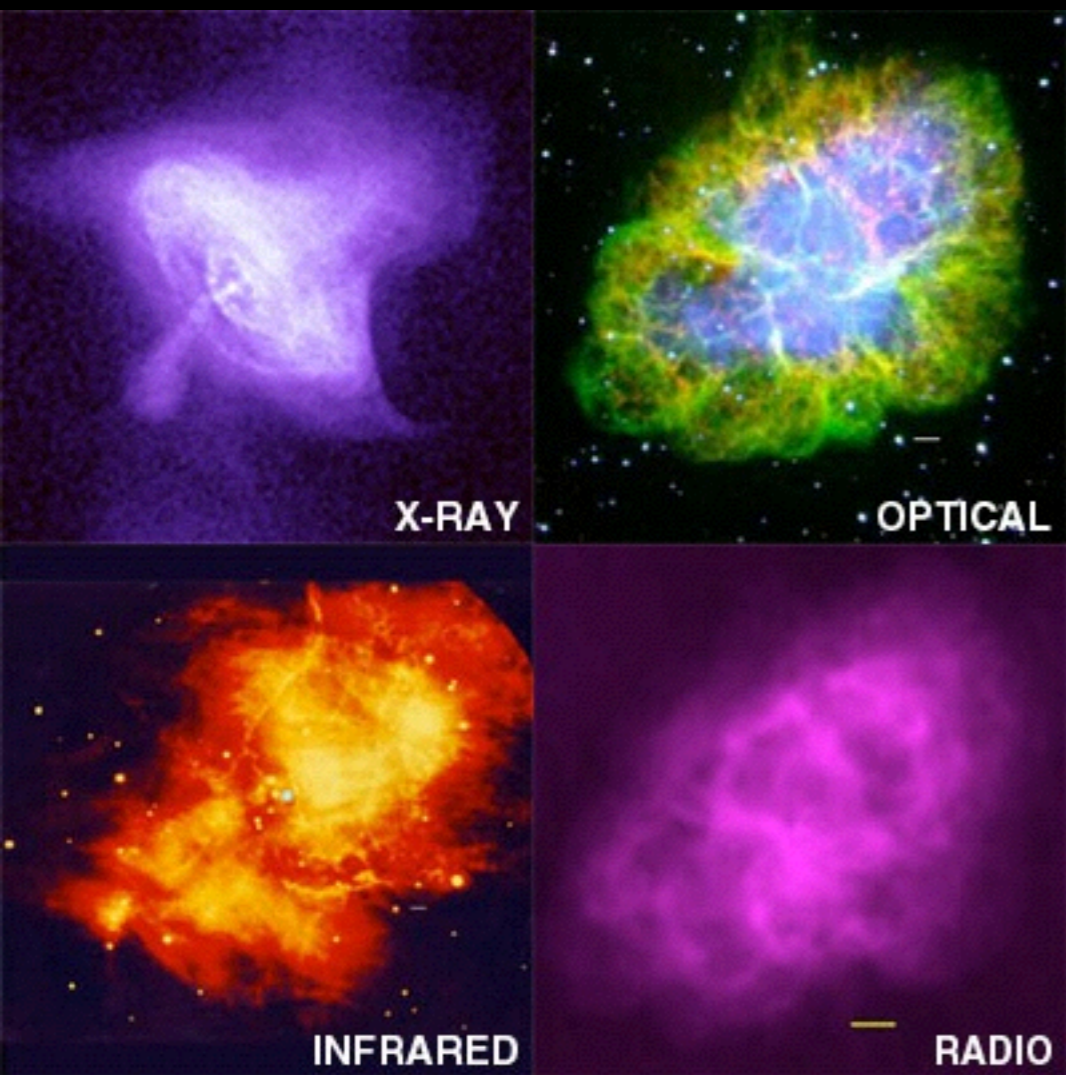


藤原定家



* Credits: [X-Ray] NASA/CXC/SAO, [Optical] Palomar Obs.,
[Infrared] 2MASS/UMass/IPAC-Caltech/NASA/NSF, [Radio]
NRAO/AUI/NSF

* Credit: NASA/CXC/ASU/J. Hester et al.



* Credits: [X-Ray] NASA/CXC/SAO, [Optical] Palomar Obs., [Infrared] 2MASS/UMass/IPAC-Caltech/NASA/NSF, [Radio] NRAO/AUI/NSF

* Credit: [X-Ray (blue)] NASA/CXC/ASU/J. Hester et al., [Optical (red)] NASA/CXC/ASU/J. Hester et al

平家星

ベテルギウス

太陽の20倍の重さ

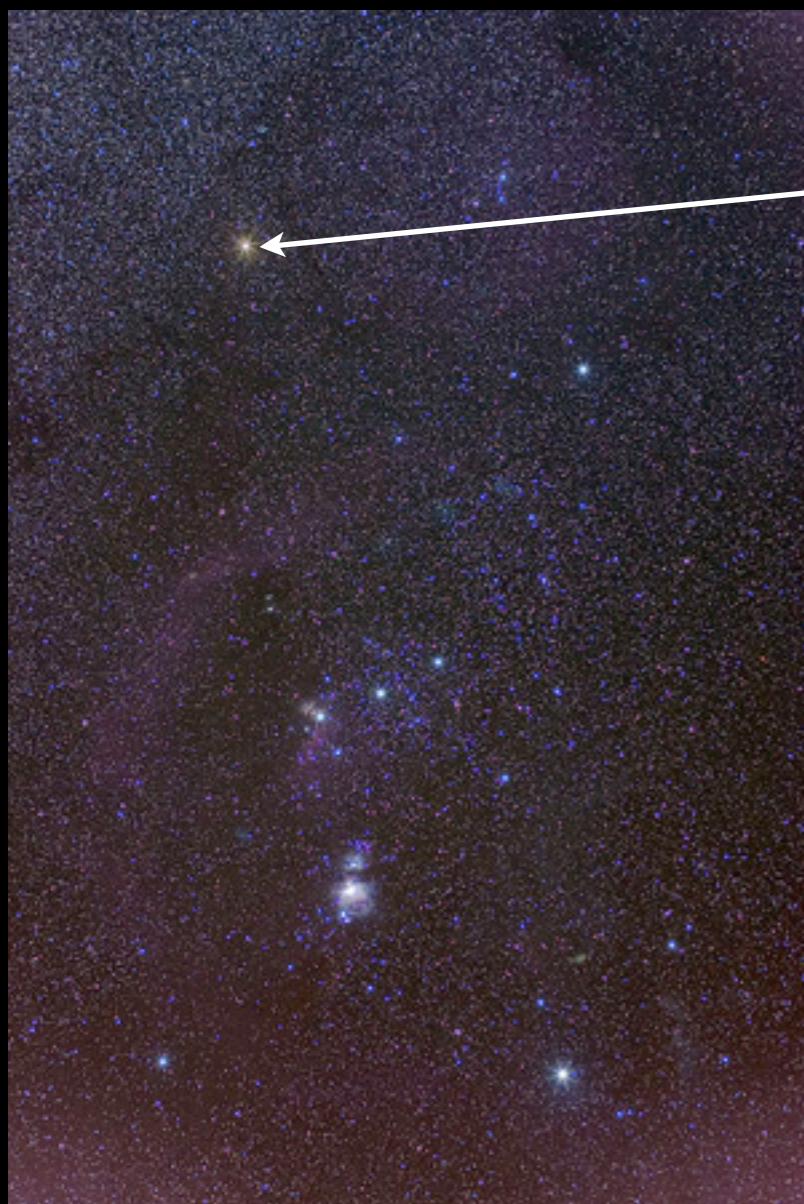


Photo by Mouser, from
Wikimedia Commons
(2013/10/08)
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Orion_3008_huge.jpg
CC BY-SA 3.0

640光年

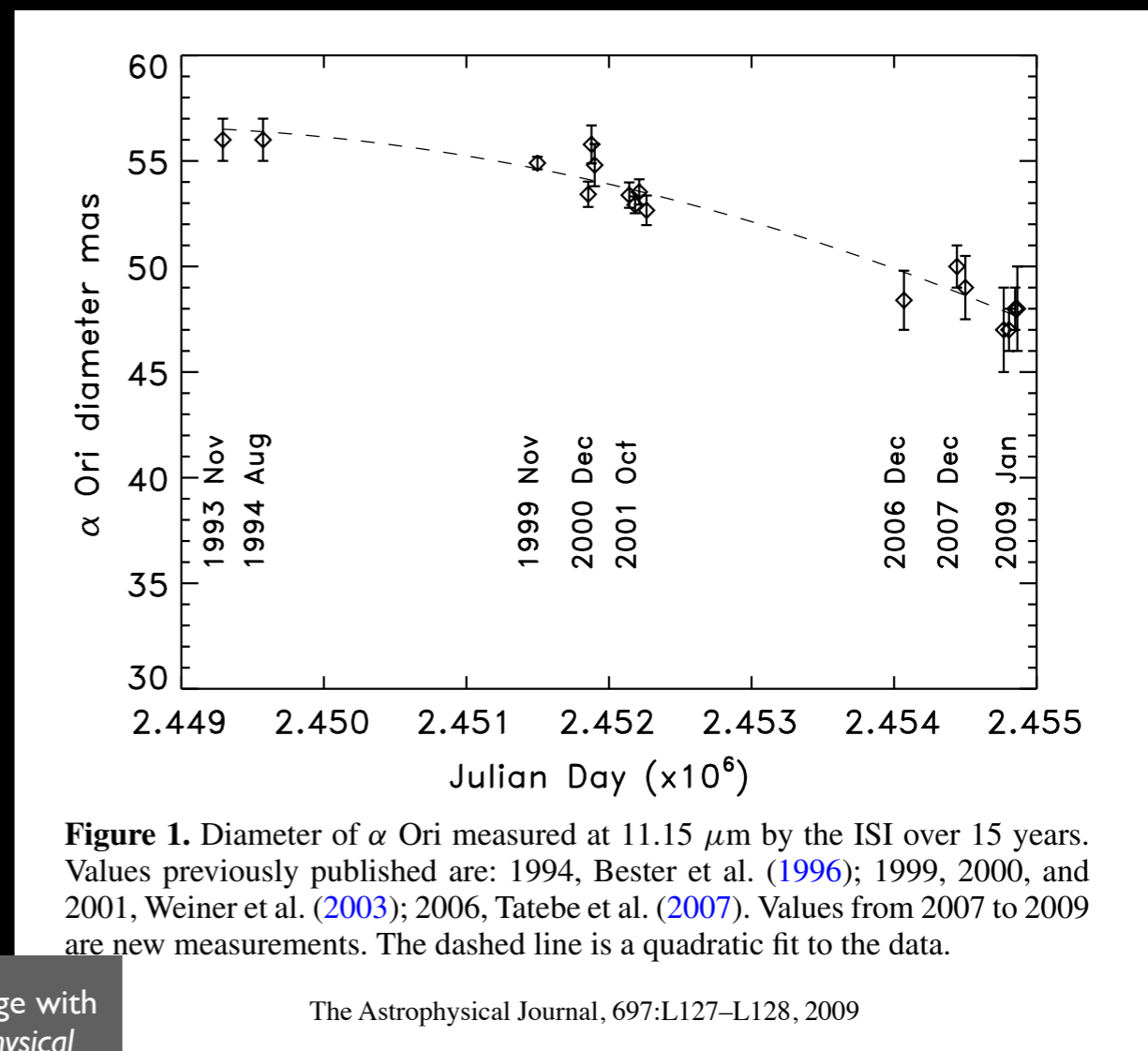
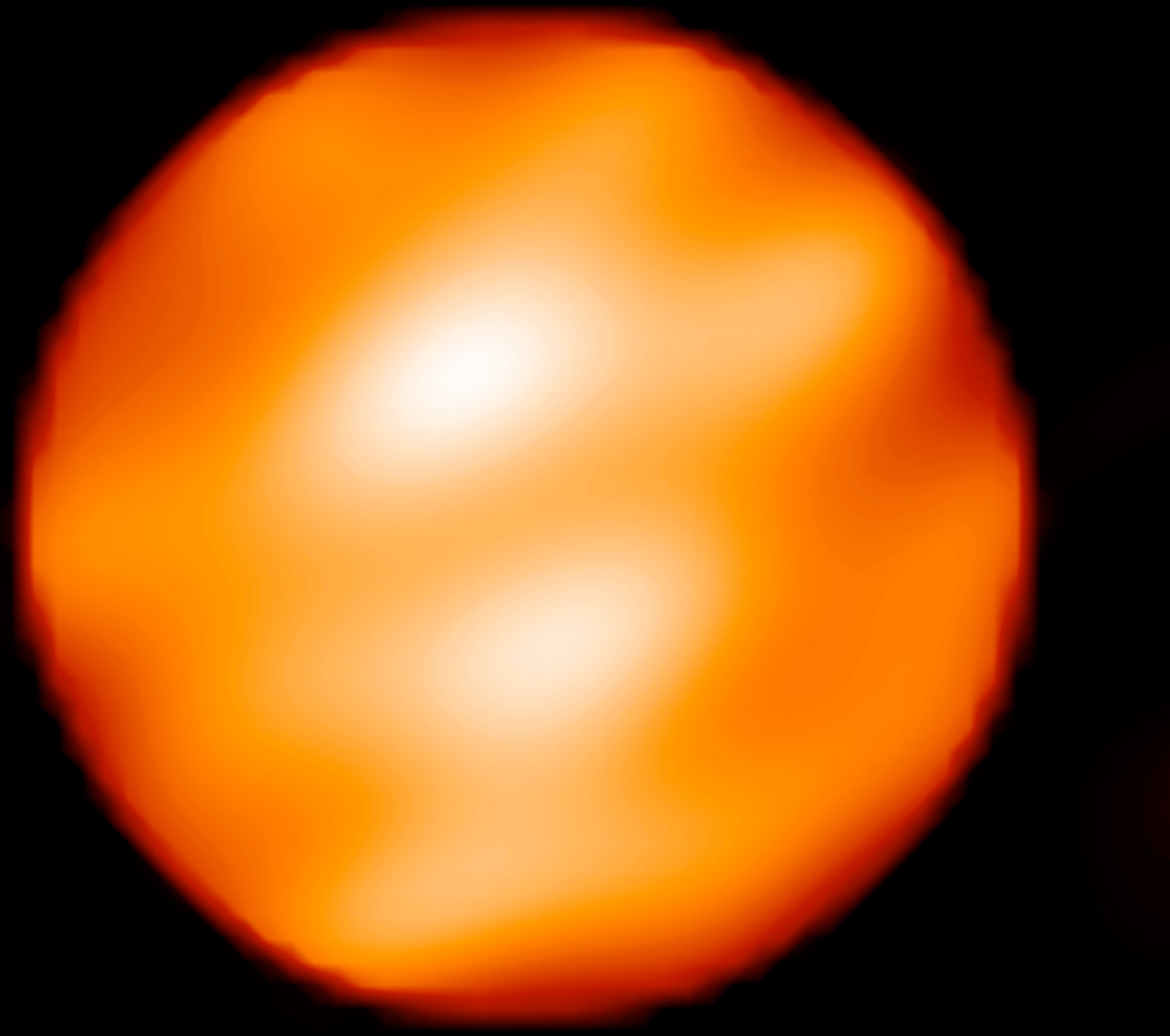


Figure 1. Diameter of α Ori measured at $11.15 \mu\text{m}$ by the ISI over 15 years. Values previously published are: 1994, Bester et al. (1996); 1999, 2000, and 2001, Weiner et al. (2003); 2006, Tatebe et al. (2007). Values from 2007 to 2009 are new measurements. The dashed line is a quadratic fit to the data.

The Astrophysical Journal, 697:L127-L128, 2009

* Townes et.al. (2009) A Systematic Change with Time in the Size of Betelgeuse, *The Astrophysical Journal*, Vol.697, No.2, L127 Fig.1
doi:10.1088/0004-637X/697/2/L127
© AAS. Reproduced with permission

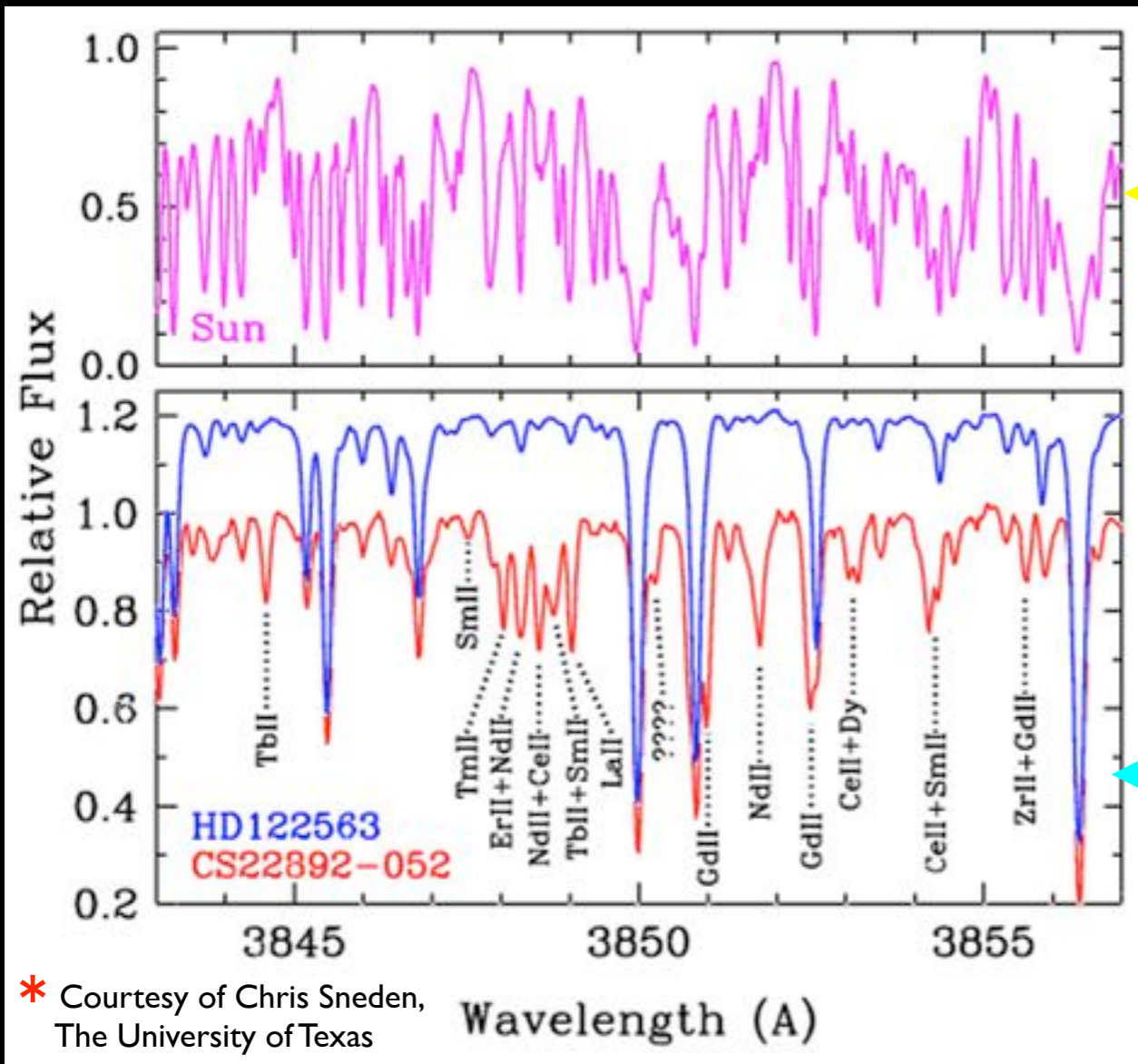
15年で15%小さく



10 mas

* Credit: Haubois et.al.,
Astronomy and Astrophysics, vol.508,
pp.923-932, 2009, reproduced with
permission © ESO

金属量 (>He)

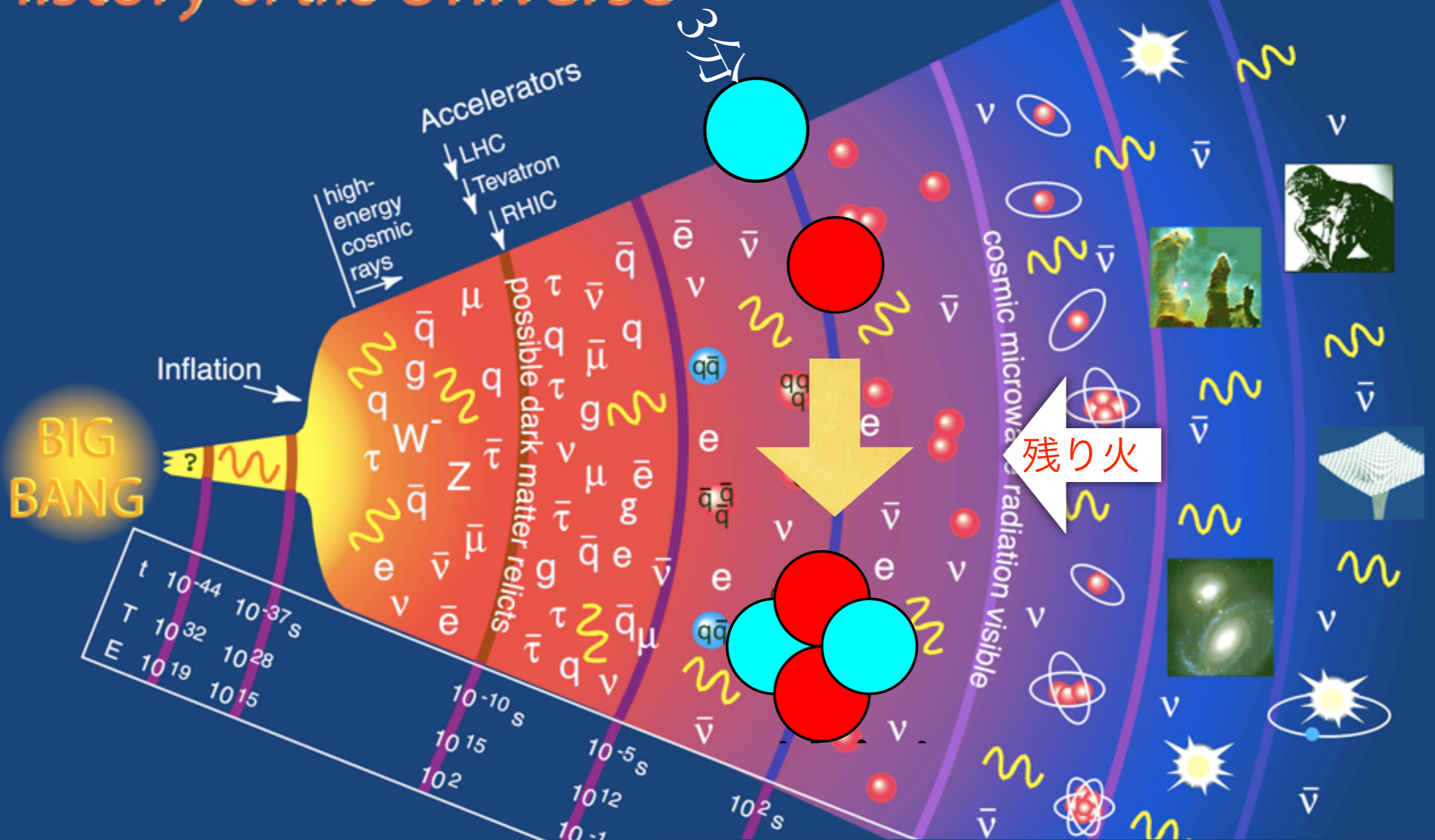


「金属」が多い
超新星による「汚染」
種族 I

「金属」が少ない
「汚染」が進んでいない
種族 II

水素とヘリウムだけの「種族 III」は未発見

History of the Universe



t	10 ⁻⁴⁴	10 ⁻³⁷ s
T	10 ³²	10 ²⁸
E	10 ¹⁹	10 ¹⁵
	10 ⁻¹⁰ s	10 ⁻⁵ s
	10 ¹⁵	10 ¹²
	10 ²	10 ⁻¹

Key:

W, Z bosons		photon	
q quark		meson	
g gluon		baryon	
e electron		ion	
μ muon		atom	
ν neutrino		black hole	
		galaxy	
		star	

ビッグバン元素合成
 予言 H:He ~ 3:1 (質量比)
 観測と良く合う

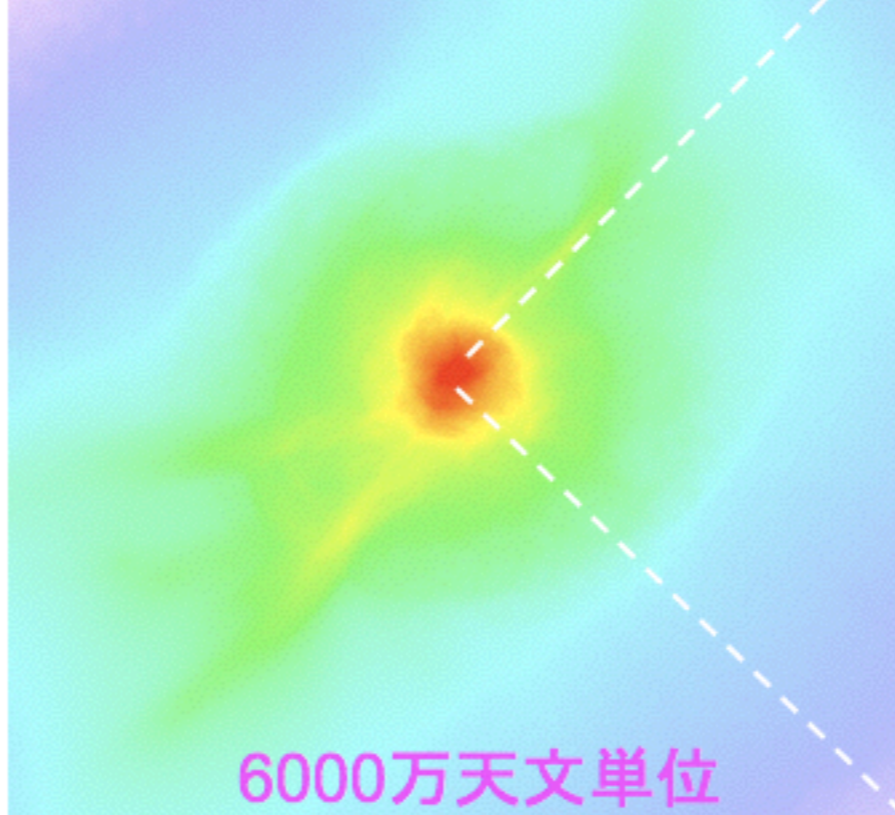
星の誕生



* 提供：カブリ数物連携
宇宙研究機構

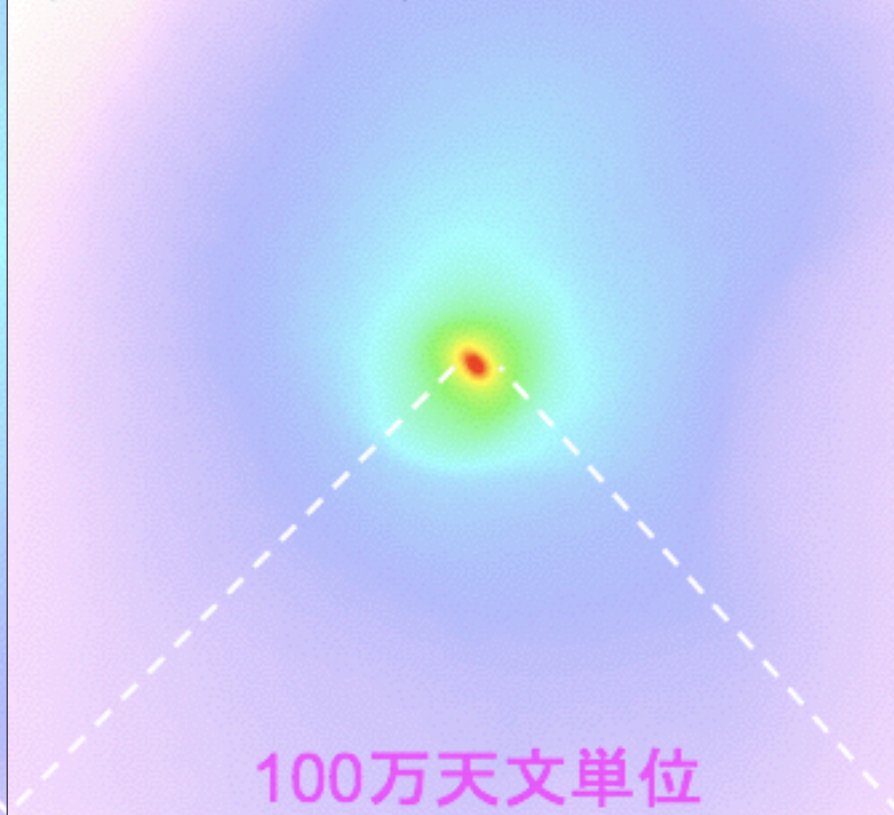
吉田直紀教授

ダークマターハロー



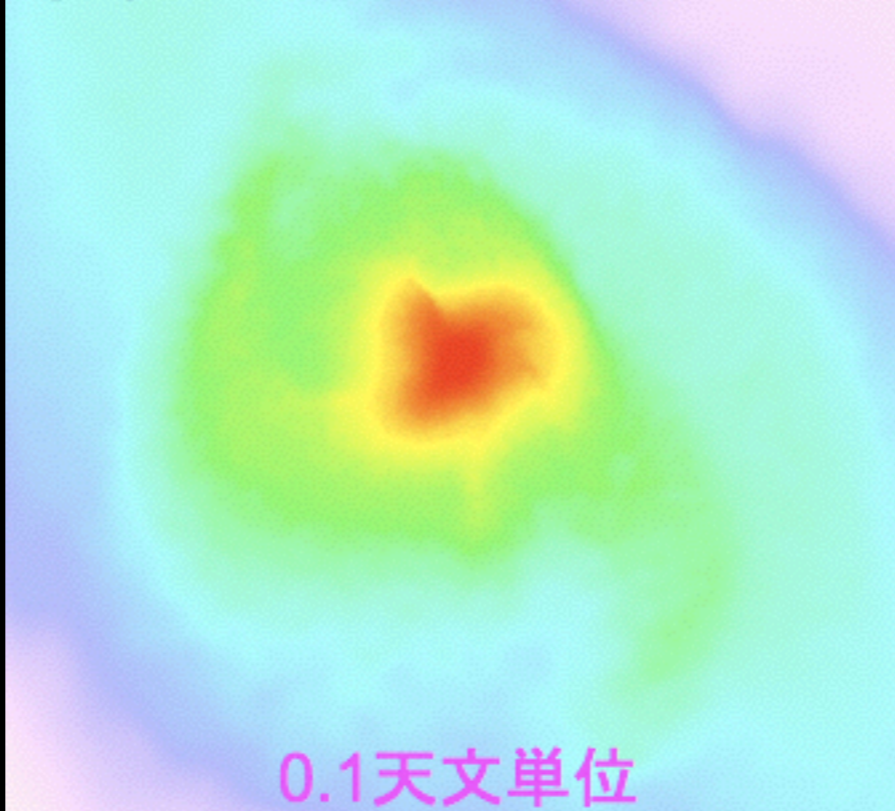
6000万天文単位

分子ガス雲



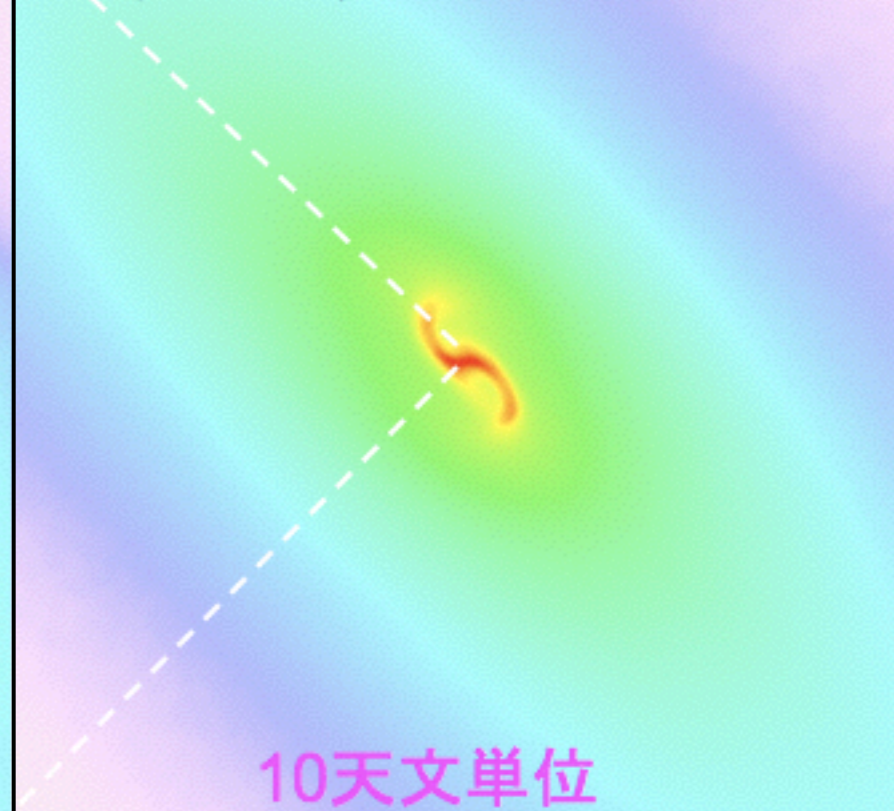
100万天文単位

原始星



0.1天文単位

分子雲コア



10天文単位

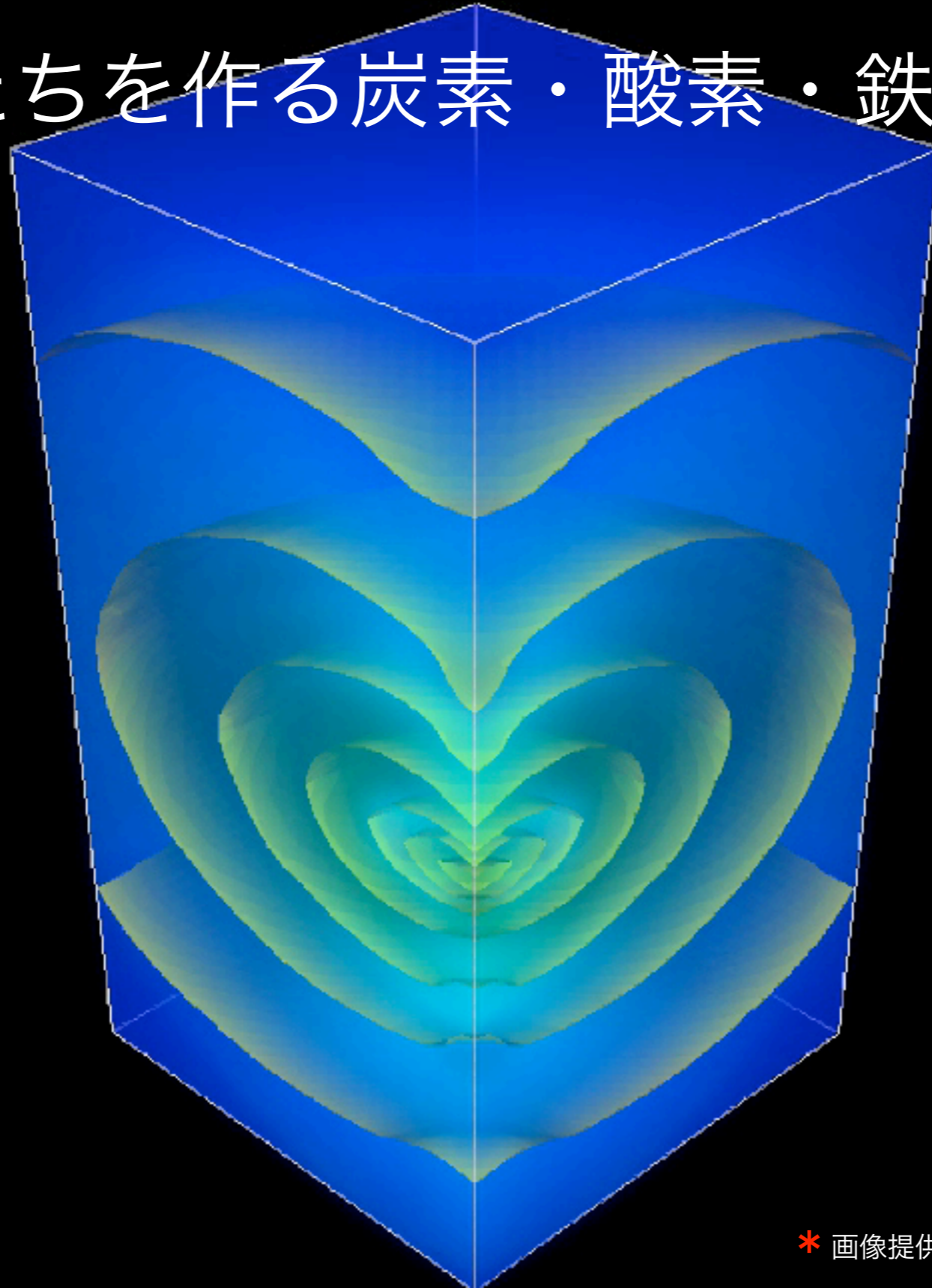
* 画像提供：吉田直紀氏（東京大学）

ファースト・スターの生成
太陽の約40倍の重さまで成長
私たちを作る炭素・酸素・鉄の源



* 提供：カブリ数物連携
宇宙研究機構

吉田直紀教授

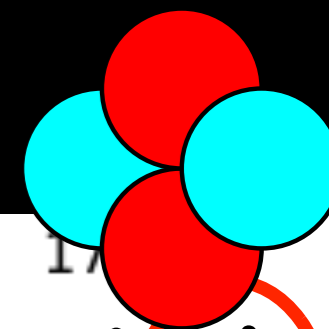


* 画像提供：吉田直紀氏（東京大学）

最初の星が出来る前は

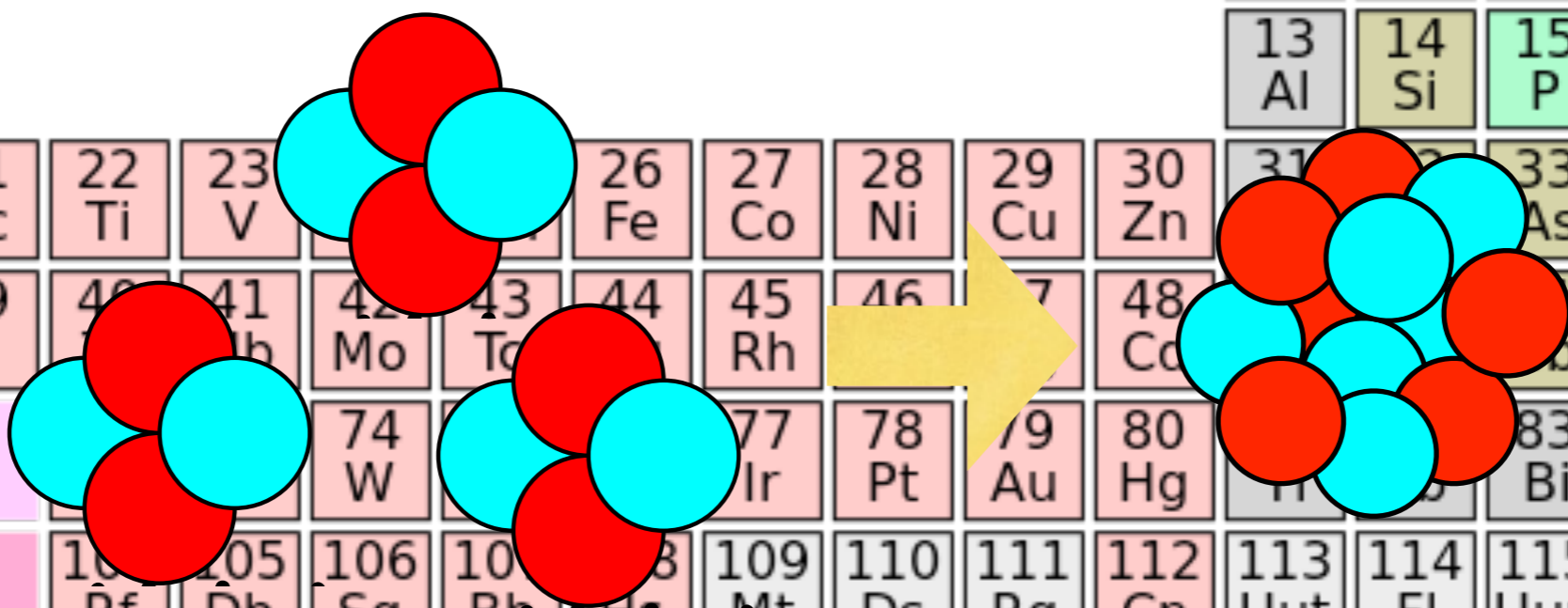
Periodic table by DePiep, from
Wikimedia Commons
(2013/10/03) CC BY-SA 3.0
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Periodic_table_%28polyatomic%29.svg

● 水素とヘリウムだけ



Group→	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
↓Period																				
1	1 H																	2 He		
2	3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne		
3	11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar		
4	19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr		
5	37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe		
6	55 Cs	56 Ba				74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn		
7	87 Fr	88 Ra				104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Uut	114 Fl	115 Uup	116 Lv	117 Uus	118 Uuo

星の中で組み立てた

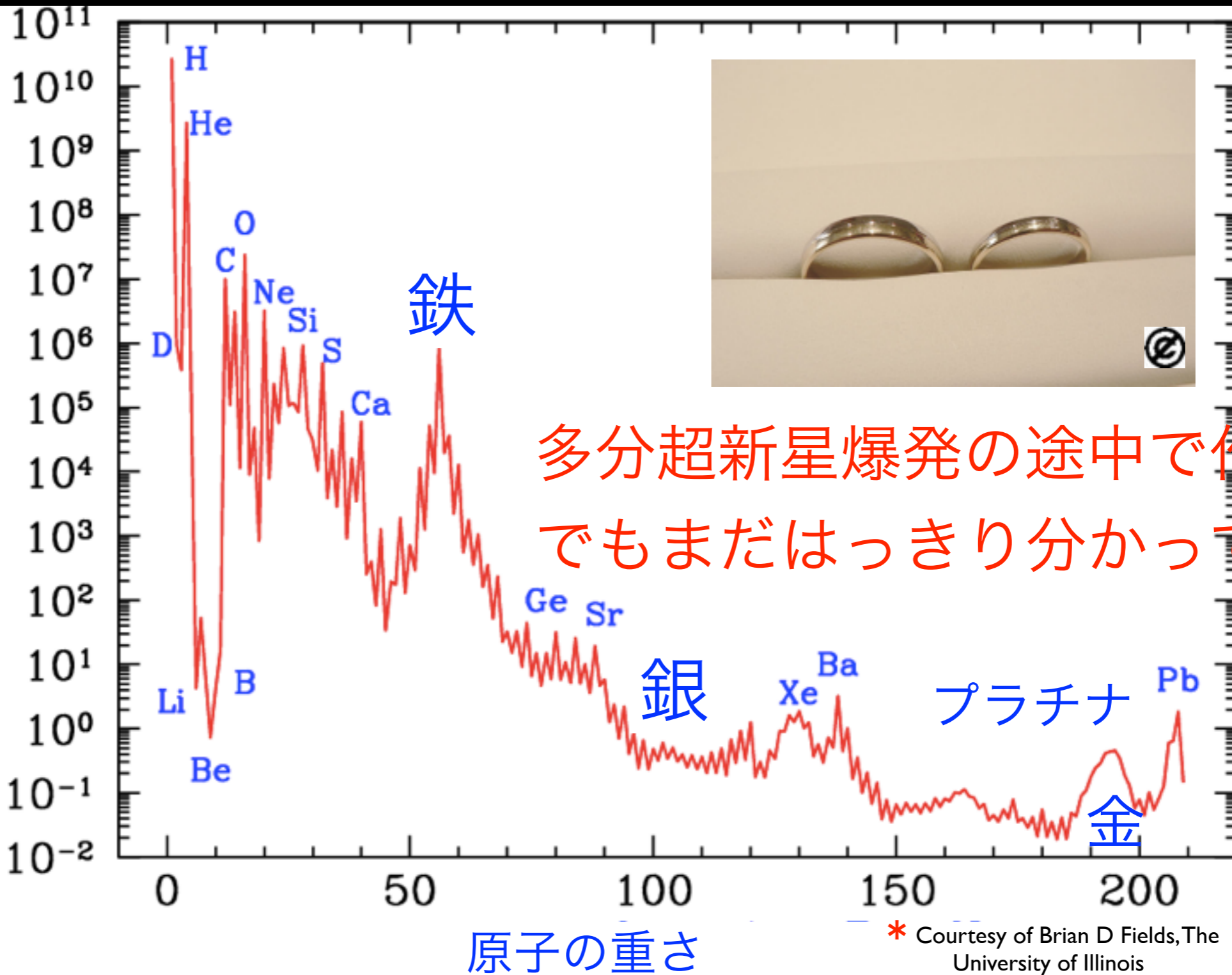


Lanthanides	57 La	58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu
Actinides	89 Ac	90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr

星の中で作れるのは鉄まで

質量が減る度合い

太陽系にある量



多分超新星爆発の途中で作られた
でもまだはっきり分かっていない

* Courtesy of Mafalda Martins, ESO

* Courtesy of Brian D Fields, The University of Illinois

宇宙にギュッと詰まった 謎の粒子：ヒッグス

著作権の都合により
ここに挿入されていた画像を
削除しました。

日本経済新聞2012年7月5日（木）朝刊1面

「ヒッグス粒子 存在確実」

「重さの起源 新粒子を発見 国際チーム」

LHC実験

* © CERN

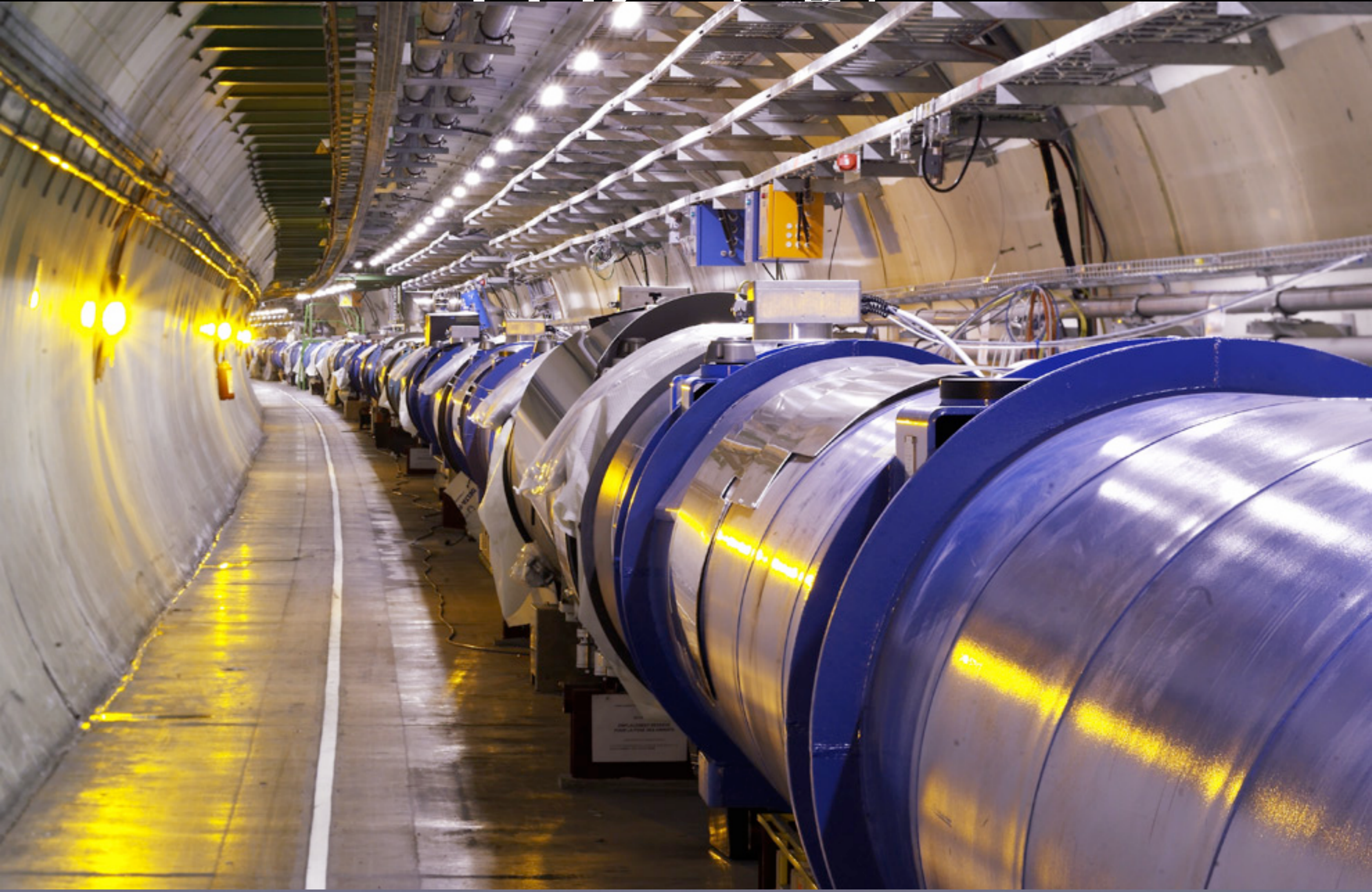
ビッグバンをやり直そう

去年開始！



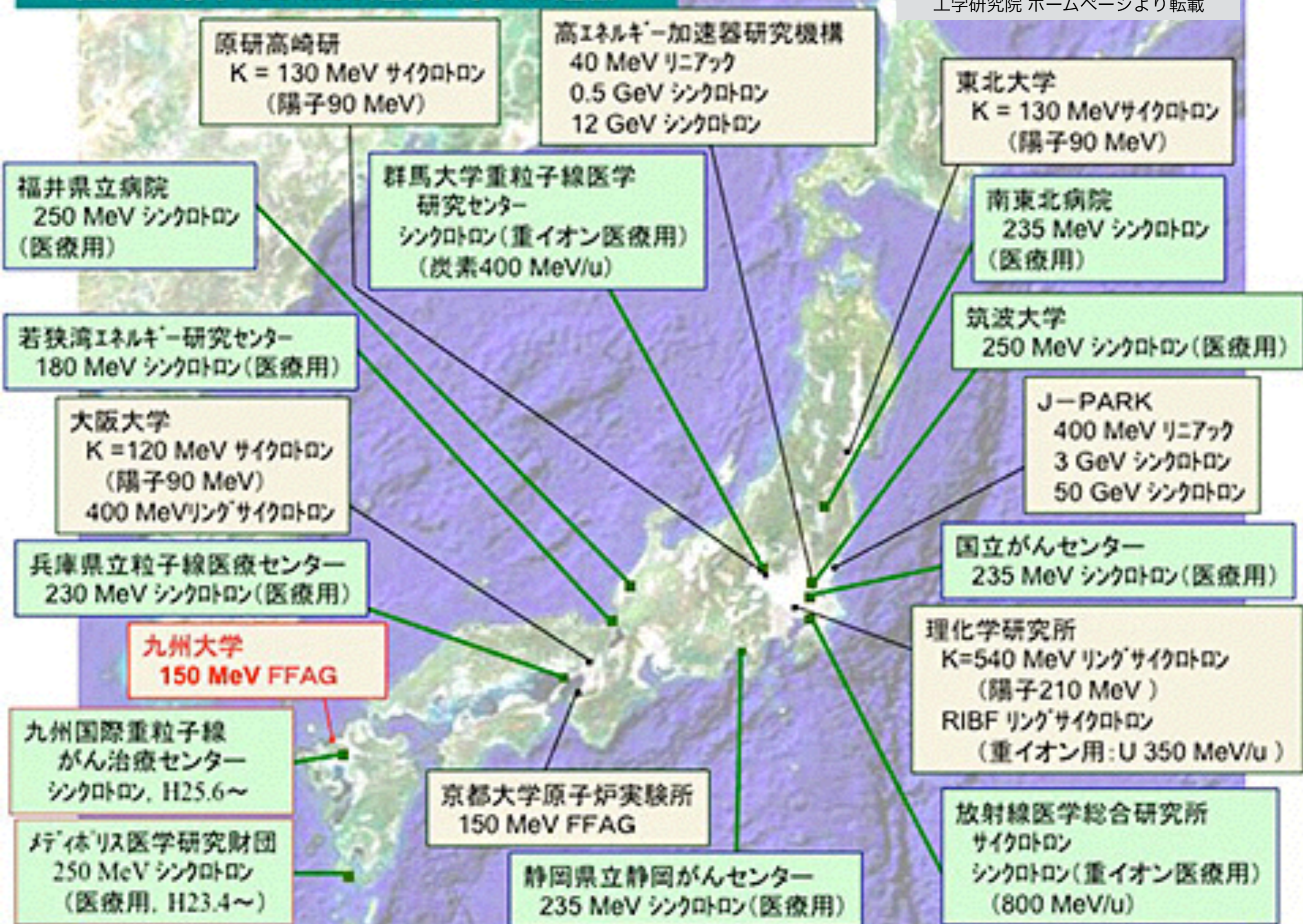
中核

* Maximilien Brice, © CERN



国内の陽子100 MeV超級イオン加速器

*九州大学工学部 大学院工学府 大学院工学研究院 ホームページより転載



2012.7.4 ヒッグス粒子発見？

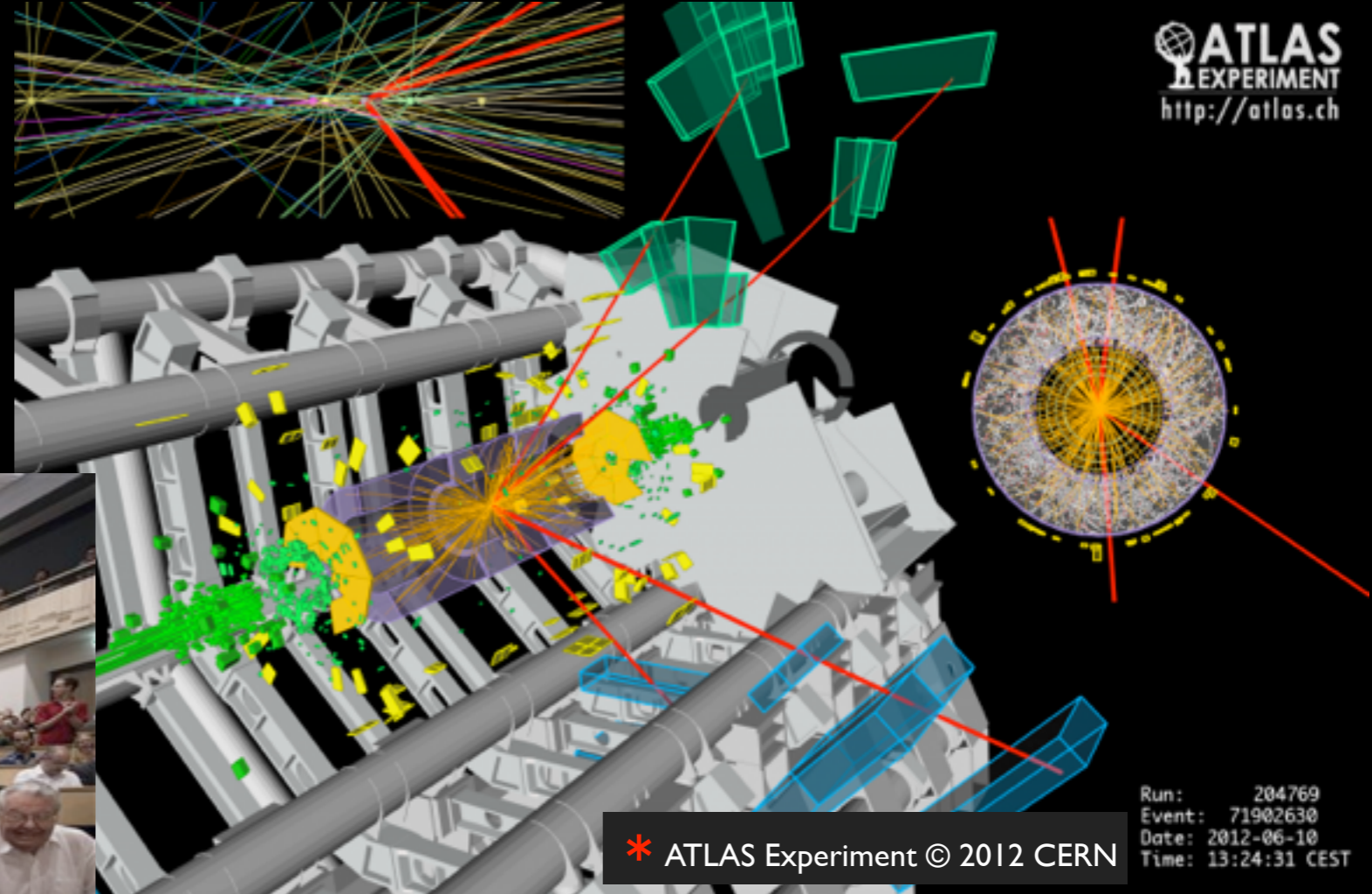


* ATLAS Experiment © 2013 CERN

理論提案：1964

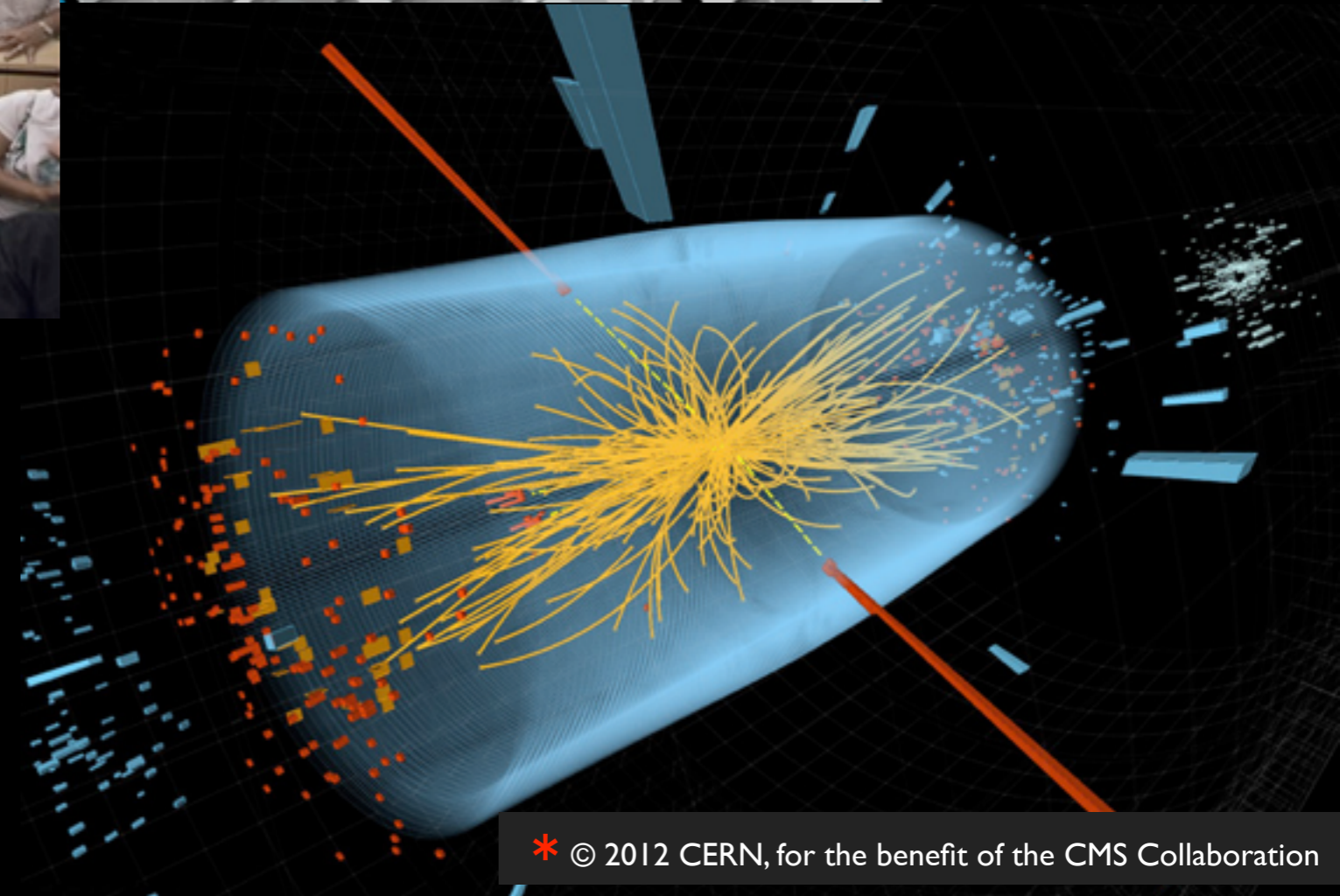
実験構想：1984

建設開始：2001



* ATLAS Experiment © 2012 CERN

Run: 204769
Event: 71902630
Date: 2012-06-10
Time: 13:24:31 CEST



* © 2012 CERN, for the benefit of the CMS Collaboration

著作権の都合により
ここに挿入されていた画像を削除しました

日本経済新聞電子版2012年7月4日21:08

「宇宙や物質の成り立ち、解明に前進 ヒッグス粒子」

http://www.nikkei.com/article/DGXNASGG04009_U2A700CIEA2000/

* ©ICEPP

浅井祥仁
東大教授
日本同時発表



Kavli IPMUでも

中継で興奮

村山はTVで

Berkeleyから参加



New Era

- ~1900 reached atomic scale $10^{-10}\text{m} \sim 1(\text{Å})$
- ~1970 reached strong scale $10^{-13}\text{cm} \sim 1(\text{fm})$
- ~2010 reached weak scale $10^{-17}\text{cm} \sim 1(\text{TeV})$
- known since Fermi (1933), finally there!
- fundamental scale!
 - extra dimensional? TeV string theory!
 - a derived scale!
 - from SUSY breaking? technicolor!
- we expect rich spectrum of new particles!
- We'll start with Higgs boson(s)
- portal to physics beyond the standard model!



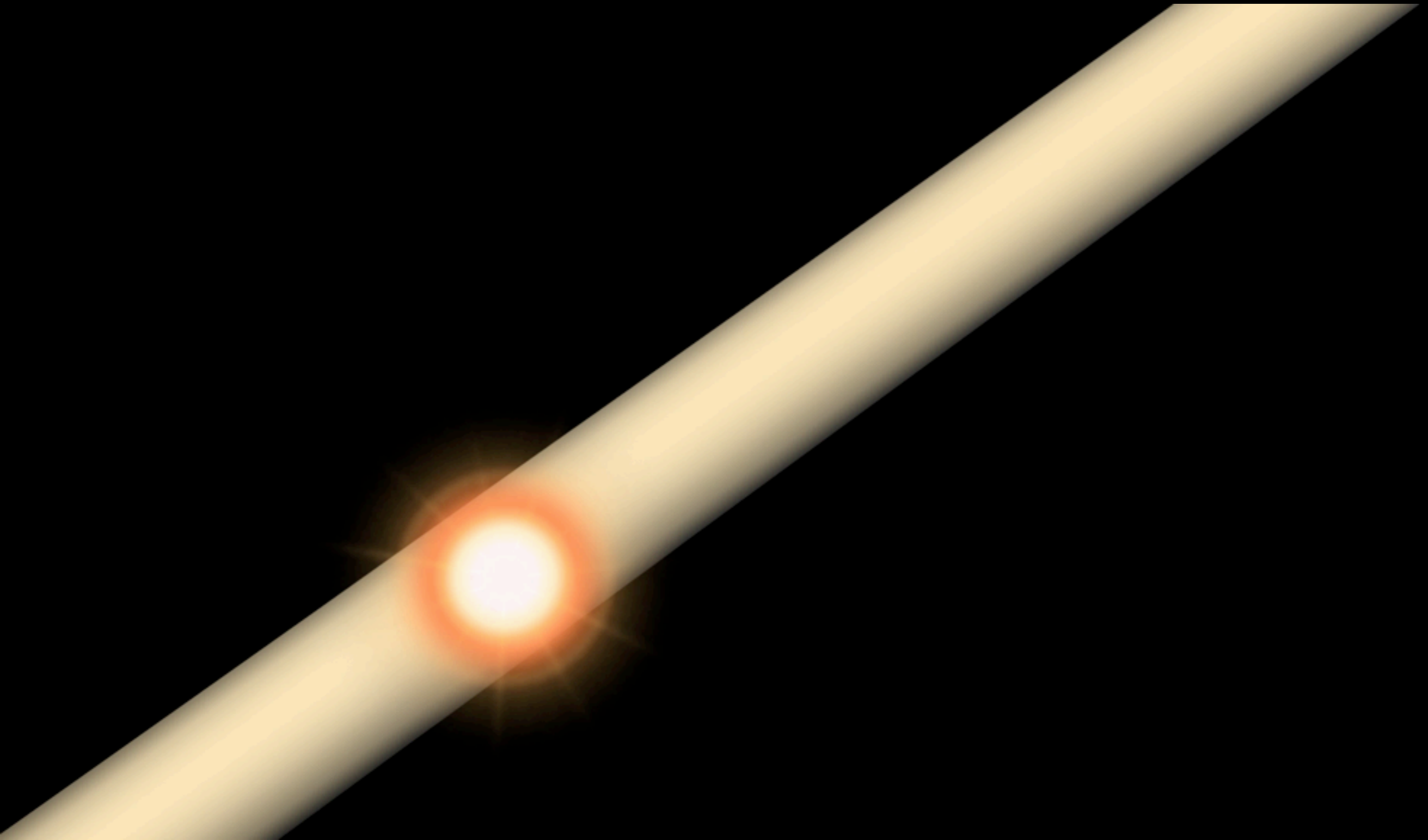
著作権の都合上、ここに挿入されていた画像を削除しました

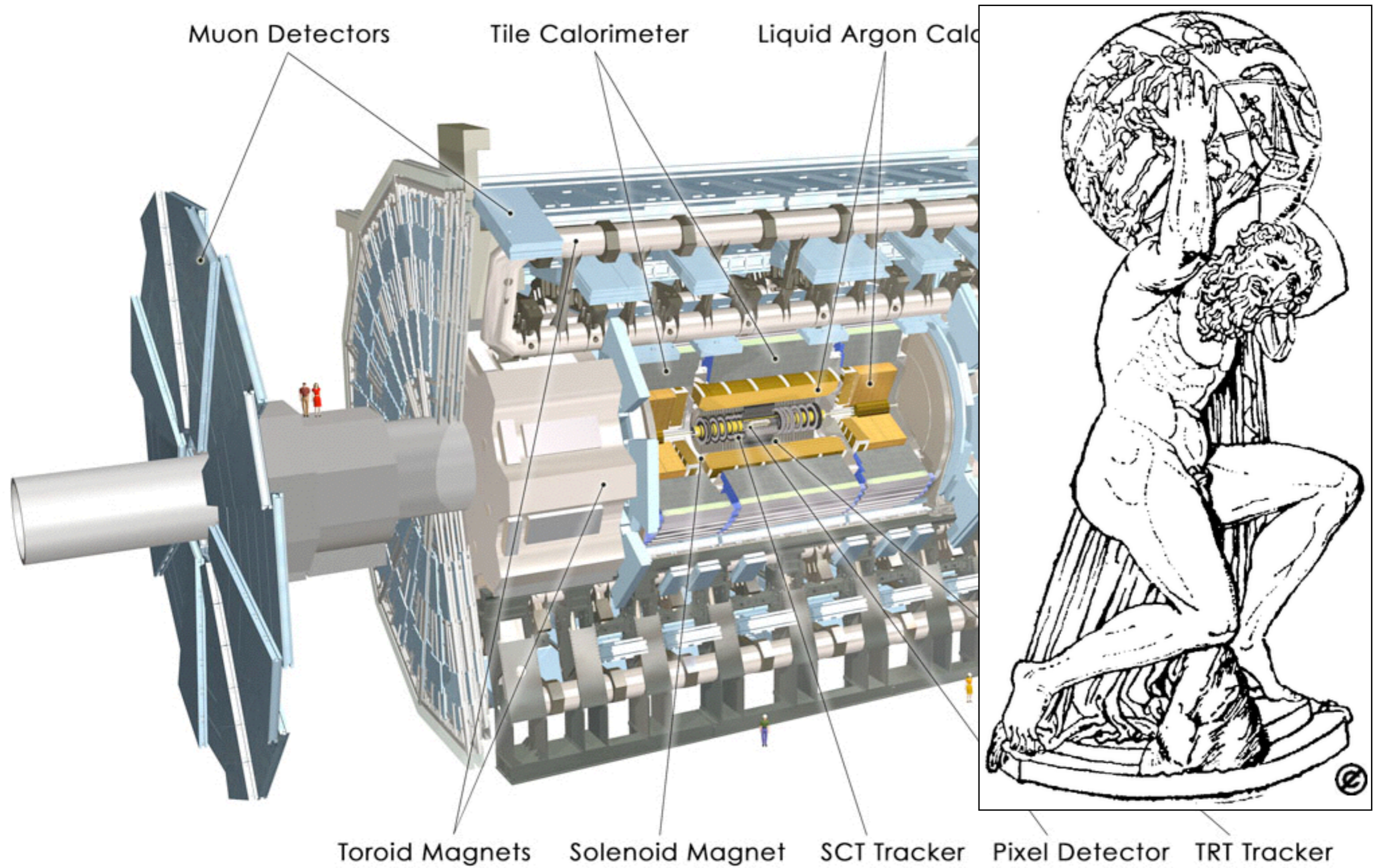
朝日新聞 2012年7月7日朝刊経済面

「ヒッグス粒子研究に日本の技術」

「CERNの巨大加速器支える」

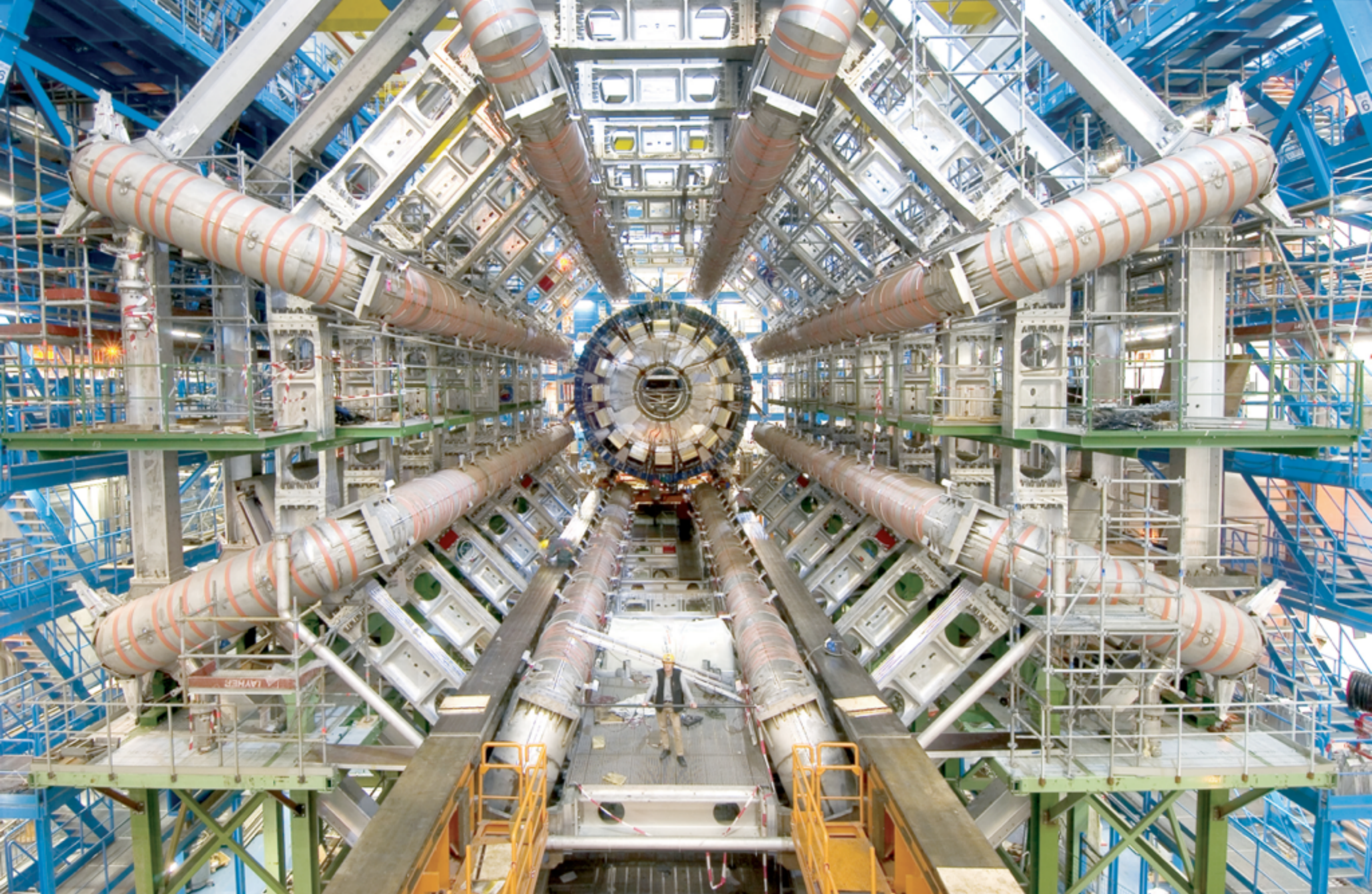
1984年に構想





* ATLAS Experiment © 2013 CERN

アトラス検出器

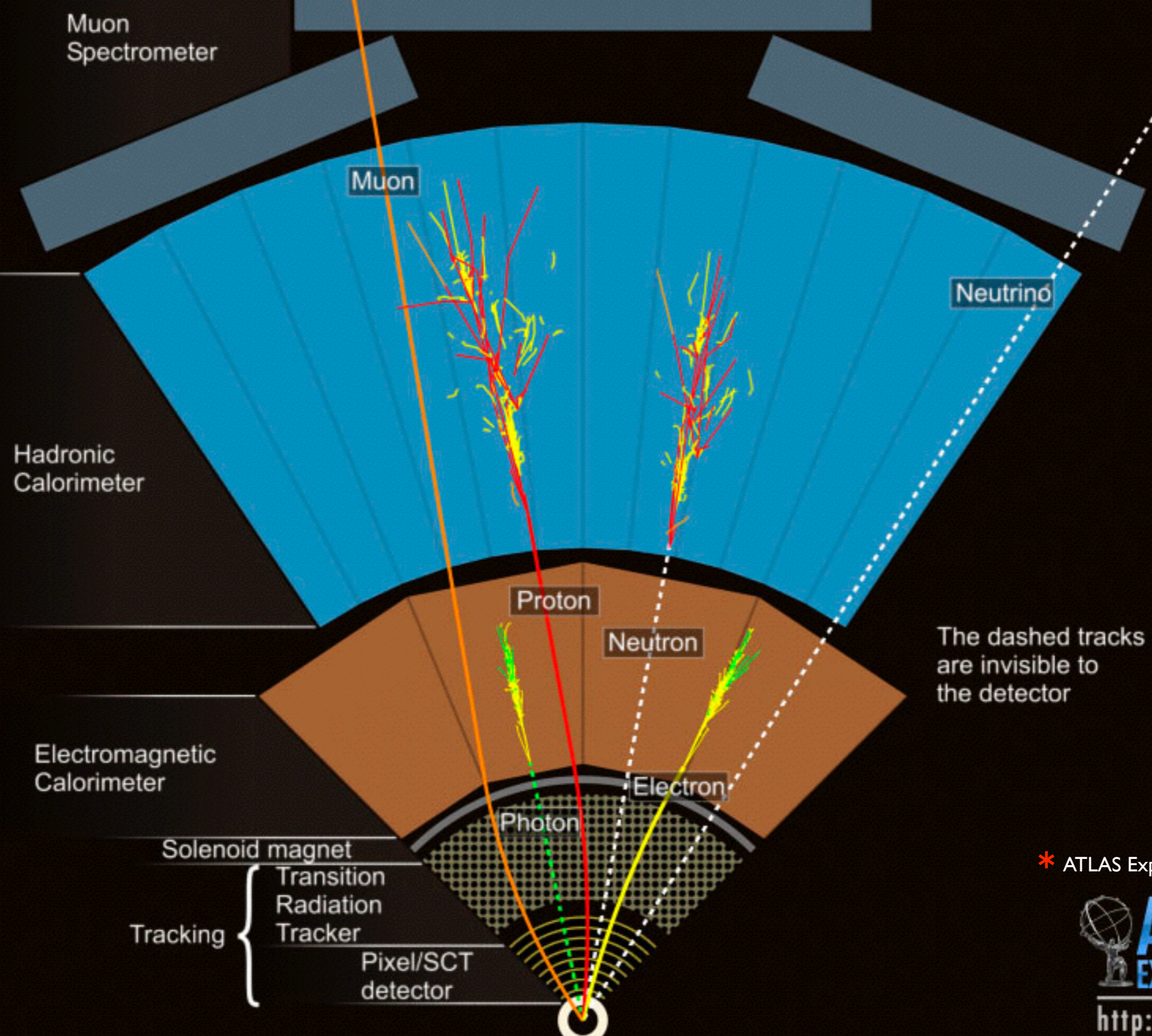


* ATLAS Experiment © 2013 CERN

アトラス検出器

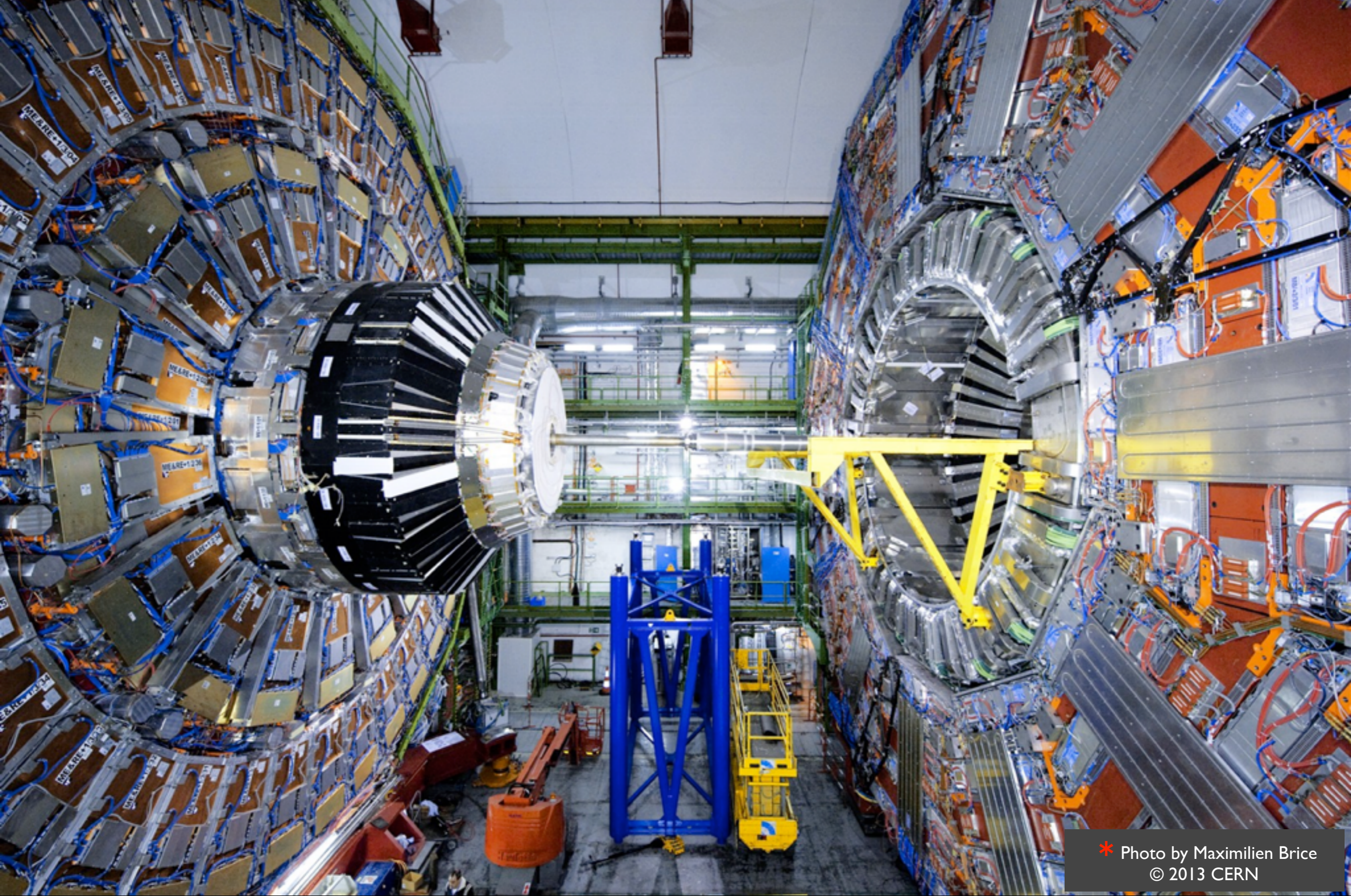


* Hector Berlioz, "Les Troyens", an opera in five acts featuring stage props inspired by the ATLAS detector. Valencia, Palau de les Arts Reina Sofia, 31 October - 12 November 2009. ATLAS Experiment © 2013 CERN



The dashed tracks are invisible to the detector

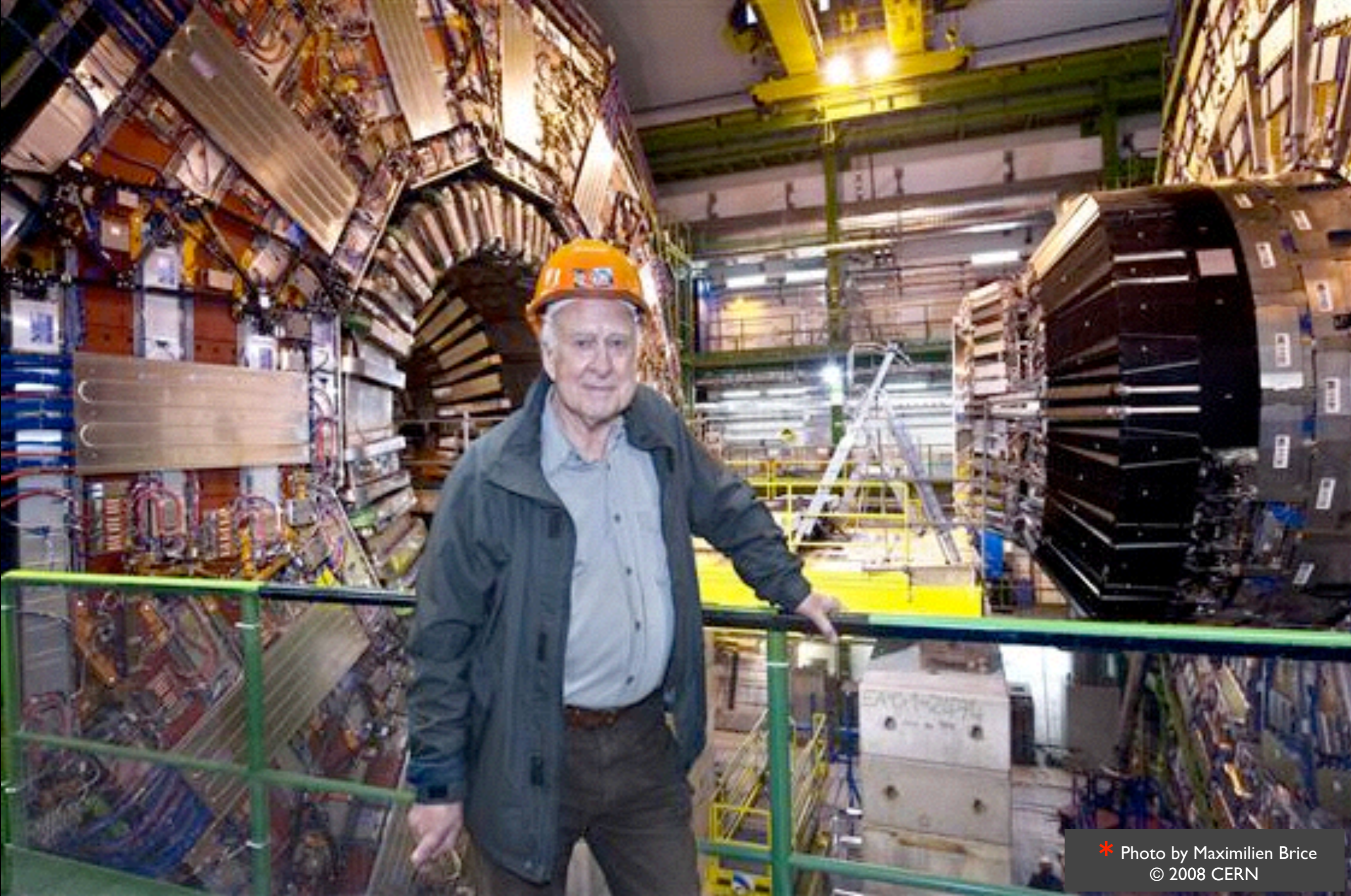
* ATLAS Experiment © 2013 CERN



* Photo by Maximilien Brice
© 2013 CERN

CMS 検出器

2010年にヒッグスを発見??



* Photo by Maximilien Brice
© 2008 CERN

CMS 検出器

2010年にヒッグスを発見??

衝突の様子

Z → $\mu\mu$ event from 2012 data with 25 reconstructed vertices

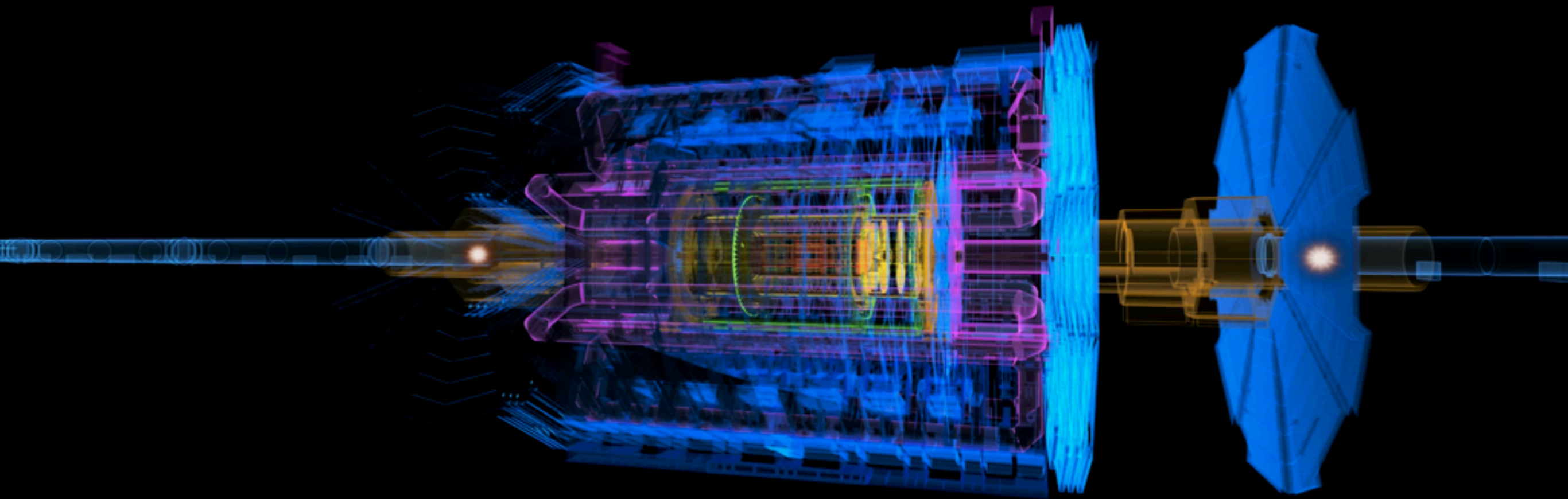
Z → $\mu\mu$

27

アトラス実験

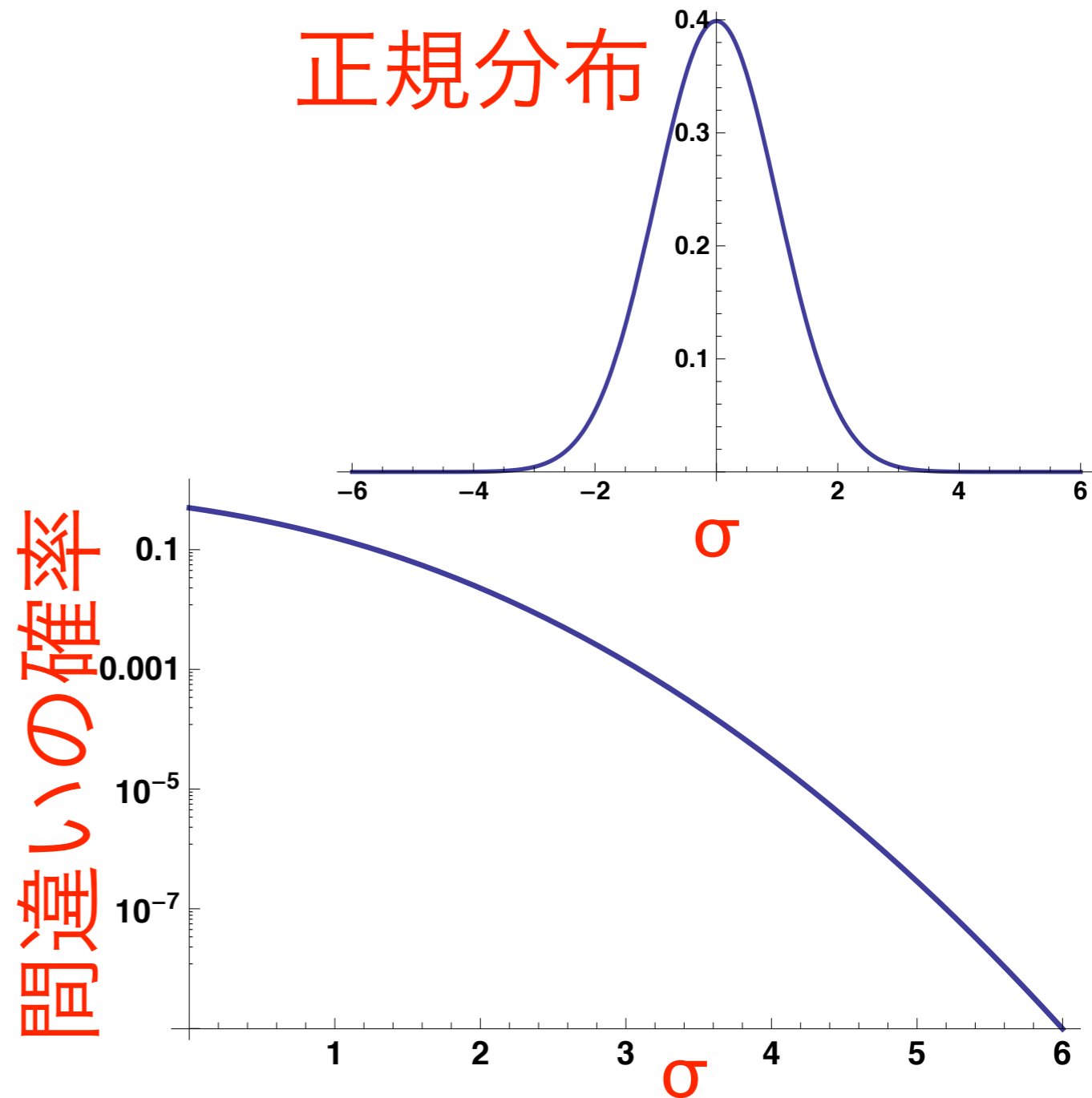
一千兆の衝突から数十個を拾い出す

* Image from: Presentations at Latest update in the search for the Higgs boson (2012/07/04 at CERN), Talk by Fabiola Gianotti, slide 8. © CERN



厳しい条件

- “証拠” = 3σ = 99.7% 確実 (偏差値80)
- “発見” = 5σ = 99.99994% 確実 (偏差値100) 「1億人中40人」
- 基本的に目安に過ぎないが、一般的



Seminar

Rolf Heuer

Joe Incandela

Higgs search
update 04.07.2012

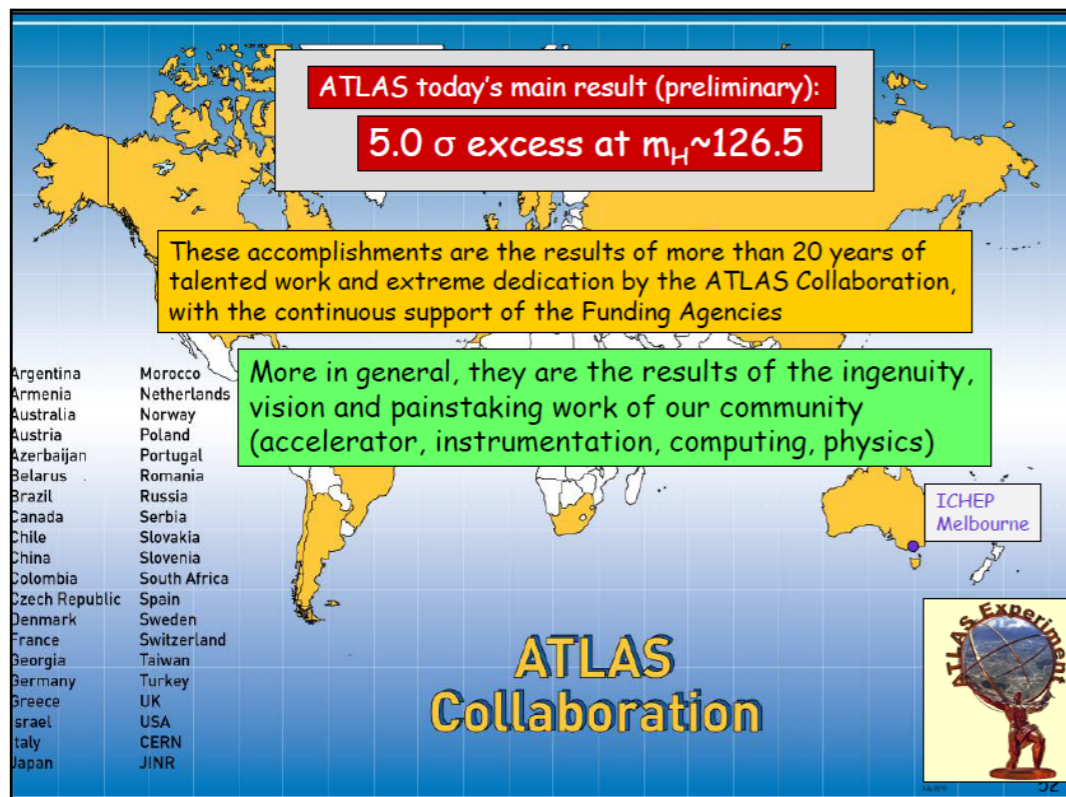
In summary

We have observed a new boson with a mass of
 125.3 ± 0.6 GeV
at
 4.9σ significance!

May 15, 2012 Boulder, Colorado
J. Incandela UCSB/CERN

*

* © 2012 CERN



*

Fabiola Gianotti

Slides from: Latest update in the search for the Higgs boson (2012/07/04 at CERN), [above] Talk by Joe Incandela, Slide 107; [below] Talk by Fabiola Gianotti, Slide 52. © CERN 2012

* © 2012 CERN

ヒッグス氏がATLAS実験 グループのリーダーを祝福



CERN公式見解

CERN experiments observe particle consistent with long-sought Higgs boson

Geneva, 4 July 2012. At a seminar held at CERN¹ today, the ATLAS and CMS experiments presented their latest preliminary results in the search for the long sought Higgs particle. **Both experiments observe a new particle in the mass region around 125-126 GeV.**

"We observe in our data clear signs of a new particle, at the level of 5 sigma, in the mass region around 126 GeV," said ATLAS experiment spokesperson Fabiola Gianotti. *"The results are preliminary but the 5 sigma signal at around 125 GeV we're seeing is dramatic. This is indeed a new particle,"* said CMS experiment spokesperson Joe Incandela.

The next step will be to determine the precise nature of the particle and its significance for our understanding of the universe.

CERN公式見解

「ヒッグス粒子と見られる粒子を発見した」

Higgsdependence Day



Photo (Statue of Liberty) by Tara Spinks,
from flickr (2010/10/17) [CC BY-SA 2.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0/)
[http://www.flickr.com/photos/featherboa/
43040507/](http://www.flickr.com/photos/featherboa/43040507/)

Photo (Peter Higgs) by Gert-Martin Greuel,
Copyright Mathematisches Institut Oberwolfach
[CC BY-SA 2.0 DE](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.0/de/)
http://owpdb.mfo.de/detail?photo_id=12819



神の粒子？

著作権の都合上
ここに挿入されていた画像を
削除しました

Leon Lederman (with Dick Teresi),
*The God Particle: If the Universe Is
the Answer, What Is the Question?*
Boston: Houghton Mifflin
Company, 1993, front cover.

著作権の都合上
ここに挿入されていた画像を
削除しました

レオン・レーダーマン
『神がつくった究極の素粒子』
高橋健次訳、草思社、1997年

Goddamn particle!

ノーベル賞候補

François Englert Robert Brout
(1932–) (1928–2011)



Peter Higgs
(1929–)



Credit: Peter Nicoletopoulos
CC BY-SA 3.0
[http://commons.wikimedia.org/wiki/
File:Francois_Englert.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Francois_Englert.jpg)



Credit: Peter Nicoletopoulos
CC BY-SA 3.0
[http://commons.wikimedia.org/
wiki/File:Robert_Brout.jpg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Robert_Brout.jpg)

Photo by Gert-Martin
Greuel, Copyright
Mathematisches Institut
Oberwolfach
CC BY-SA 2.0 DE
[http://owpdb.mfo.de/
detail?photo_id=12819](http://owpdb.mfo.de/detail?photo_id=12819)

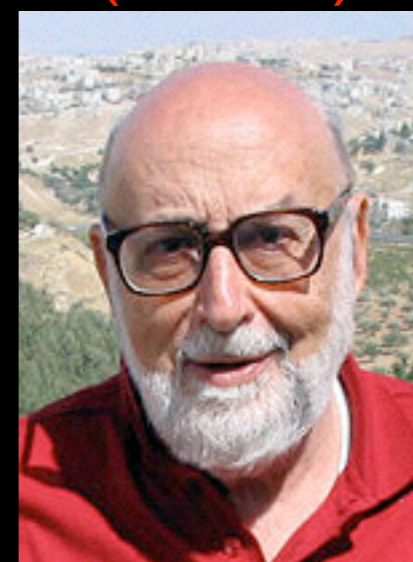
著作権の都合によりここに挿入されていた画像を削除しました

F. Englert and R. Brout (1964) Broken Symmetry and the Mass of Gauge Vector Mesons, Physical Review Letters, vol. 13 (no.9): 321–323, p.321
http://prl.aps.org/abstract/PRL/v13/i9/p321_1

著作権の都合によりここに挿入されていた画像を削除しました

Peter W. Higgs (1964) Broken Symmetries and the Masses of Gauge Bosons, Physical Review Letters vol. 13 (no. 16): 508–509, p.508
http://prl.aps.org/abstract/PRL/v13/i16/p508_1

François Englert Robert Brout
(1932–) (1928–2011)



Credit: Peter Nicoletopoulos
CC BY-SA 3.0

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Francois_Englert.jpg



Credit: Peter Nicoletopoulos
CC BY-SA 3.0

http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Robert_Brout.jpg

Peter Higgs
(1929–)

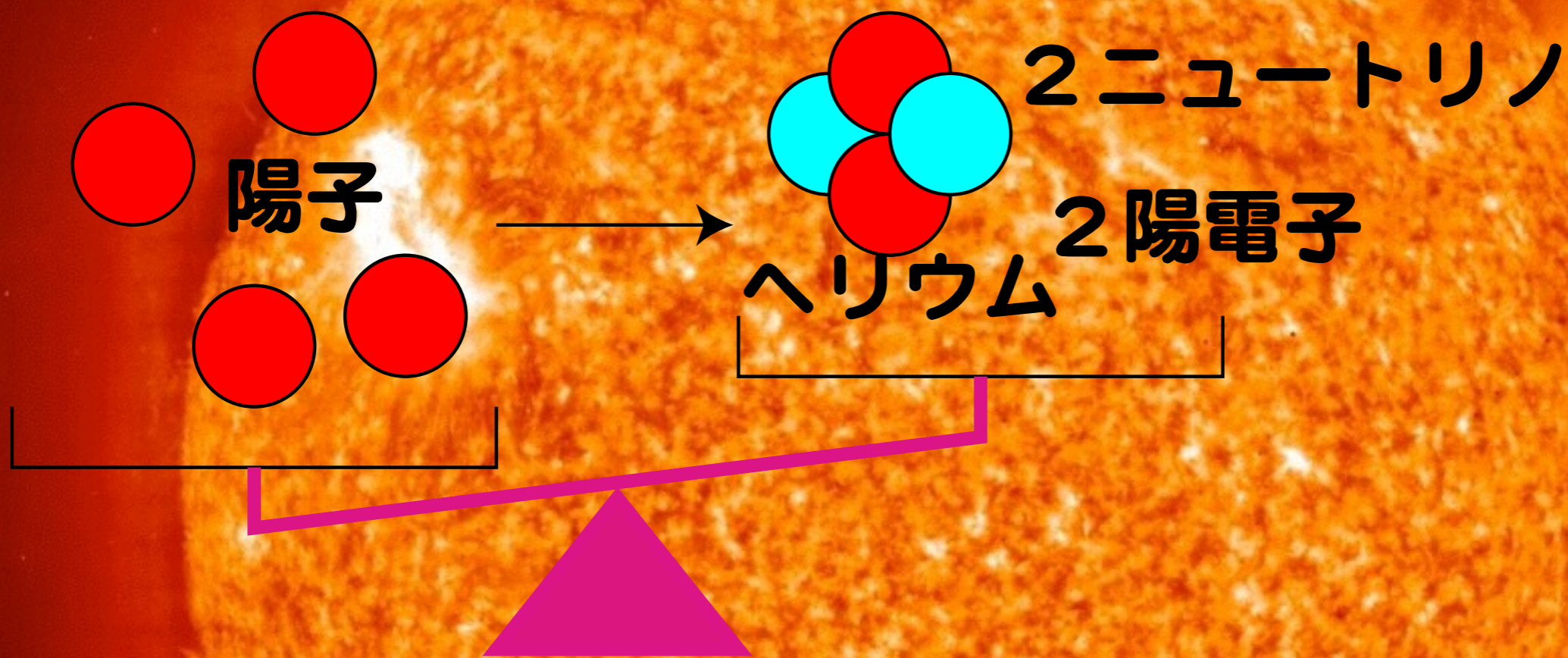


Photo by Gert-Martin Greuel, Copyright Mathematisches Institut Oberwolfach

CC BY-SA 2.0 DE

http://owpodb.mfo.de/detail?photo_id=12819

「弱い力」でパワー



$E=mc^2$
太陽は毎秒

40億キログラム

軽くなる

毎秒私たちの体を
百兆ものニュートリノが
通り抜ける

*
Image from:
<http://sohowww.nascom.nasa.gov/gallery/SolarCorona/eit023.html>
Courtesy of
SOHO (ESA & NASA)

「弱い力」の謎

- 電磁気力は長距離力
- 弱い力は短距離力、ナノメートルの10億分の一
- しかし、二つの力はその他はとても良く似ている
- もともとと同じ（対称的な）力が対称性が破れて分かれた？

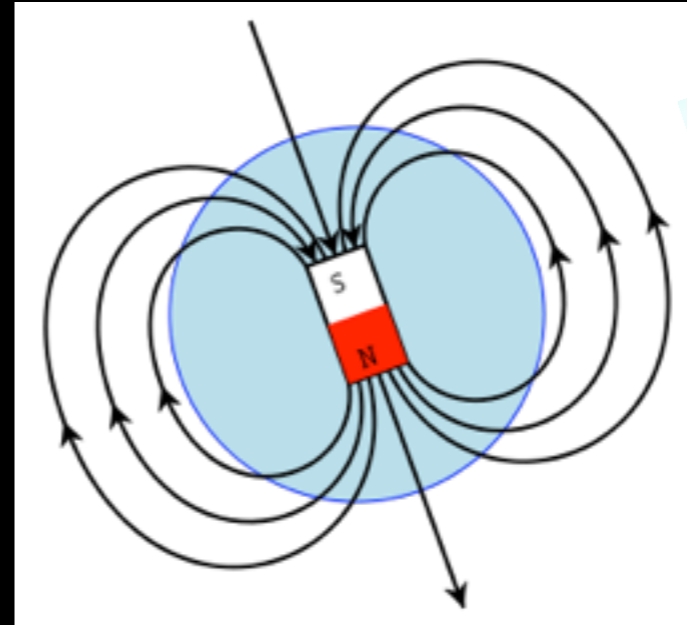
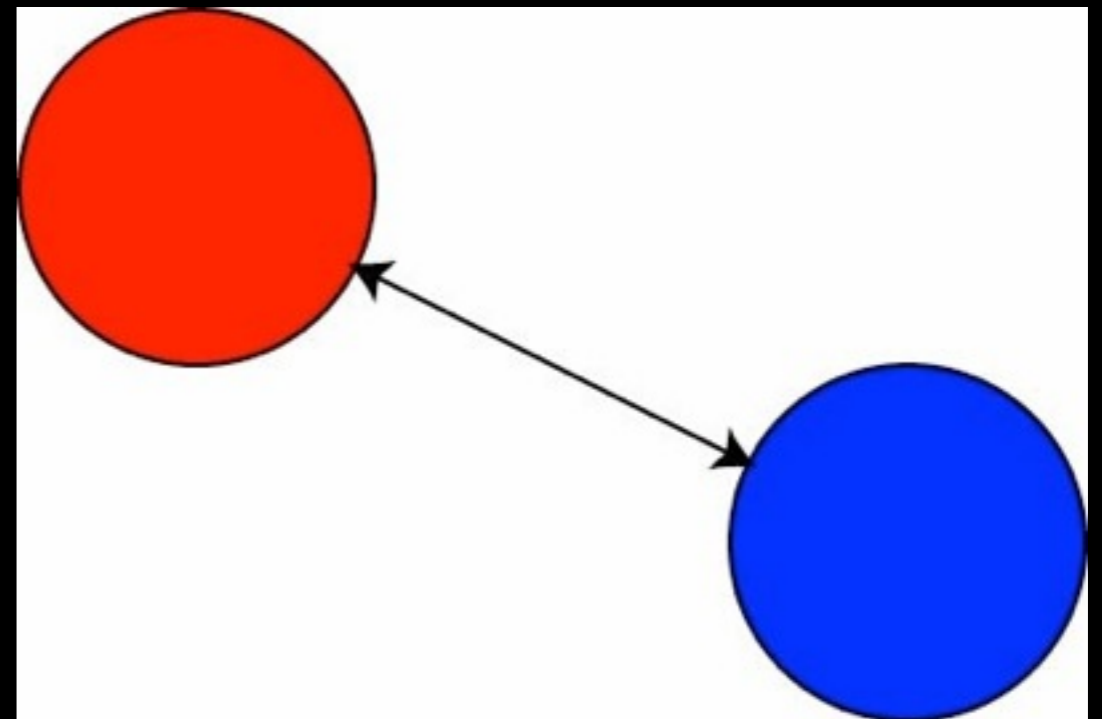
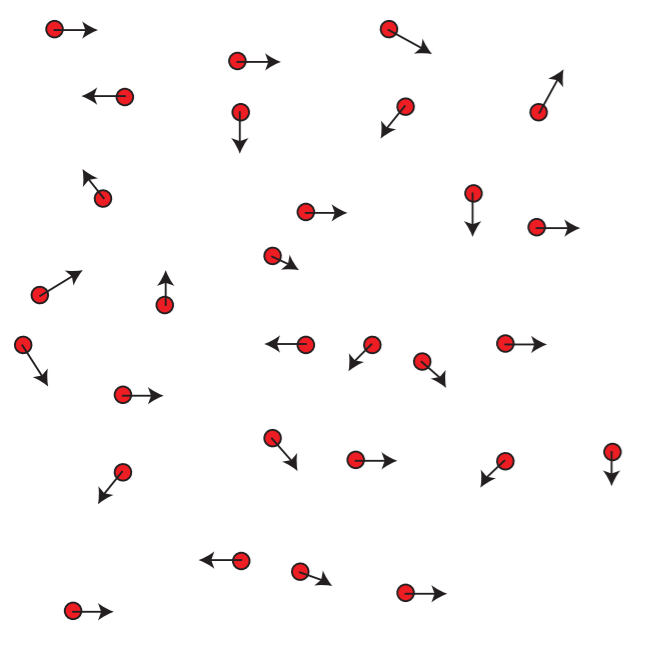


Image by TStein, from Wikimedia Commons
(2010/10/17) [CC BY-SA 3.0](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Earths_Magnetic_Field_Confusion.svg)
[http://commons.wikimedia.org/wiki/
File:Earths_Magnetic_Field_Confusion.svg](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Earths_Magnetic_Field_Confusion.svg)



Photo by Bios, from Wikimedia
Commons (2010/10/17) [CC BY-SA 3.0](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kompas_Sofia.JPG)
[http://commons.wikimedia.org/wiki/
File:Kompas_Sofia.JPG](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Kompas_Sofia.JPG)

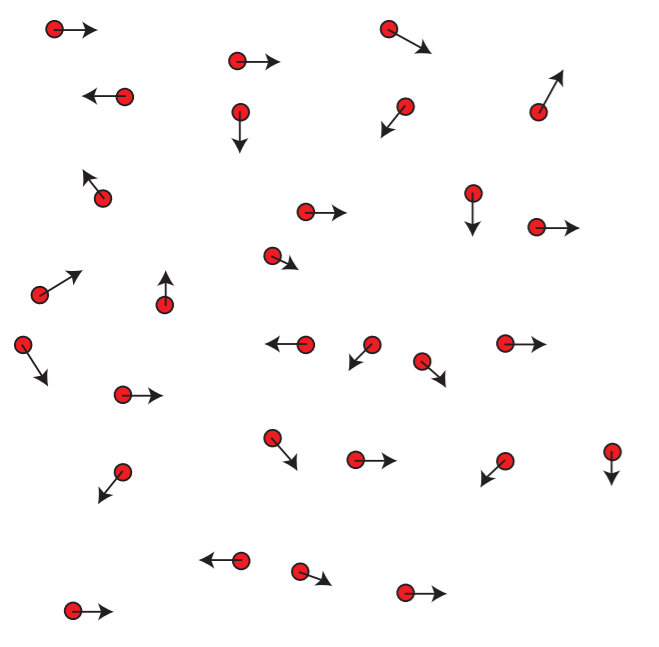




宇宙は冷えて来た



Photo by geofiz, from flickr (2013/10/17) [CC BY 2.0](http://www.flickr.com/photos/geofiz/5101379488/)
<http://www.flickr.com/photos/geofiz/5101379488/>



宇宙は冷えて来た

4000兆度

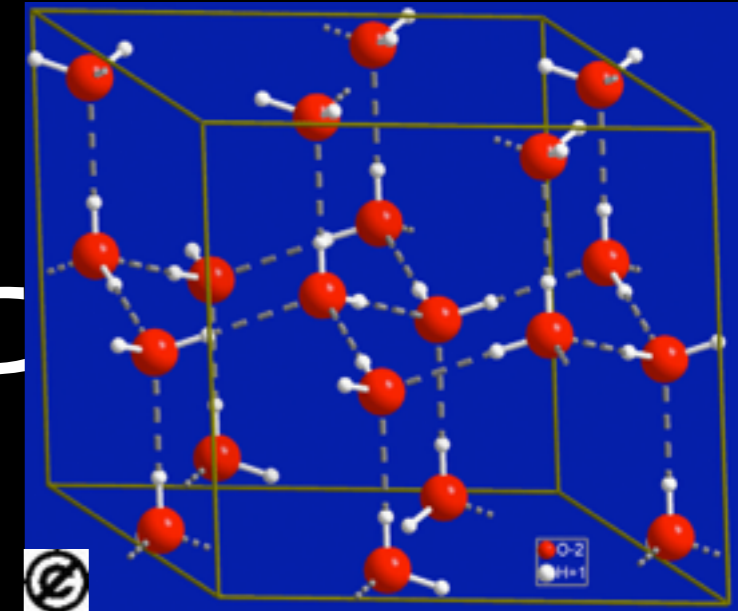


Photo by geofiz, from flickr (2013/10/17) [CC BY 2.0](http://www.flickr.com/photos/geofiz/5101379488/)
<http://www.flickr.com/photos/geofiz/5101379488/>

対称性が破れる

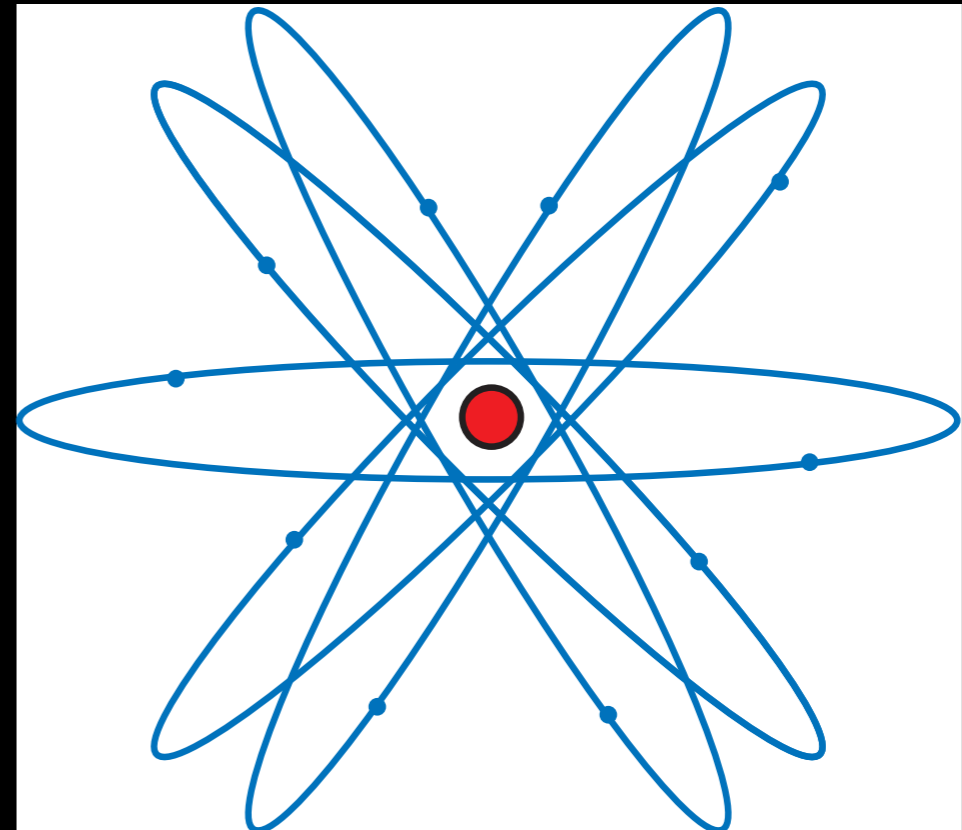
Photo by Lars Lundqvist, from flickr (2013/10/22) [CC BY-NC-SA 2.0](http://www.flickr.com/photos/arkland_swe/8564660222/)
http://www.flickr.com/photos/arkland_swe/8564660222/

無秩序

⇒

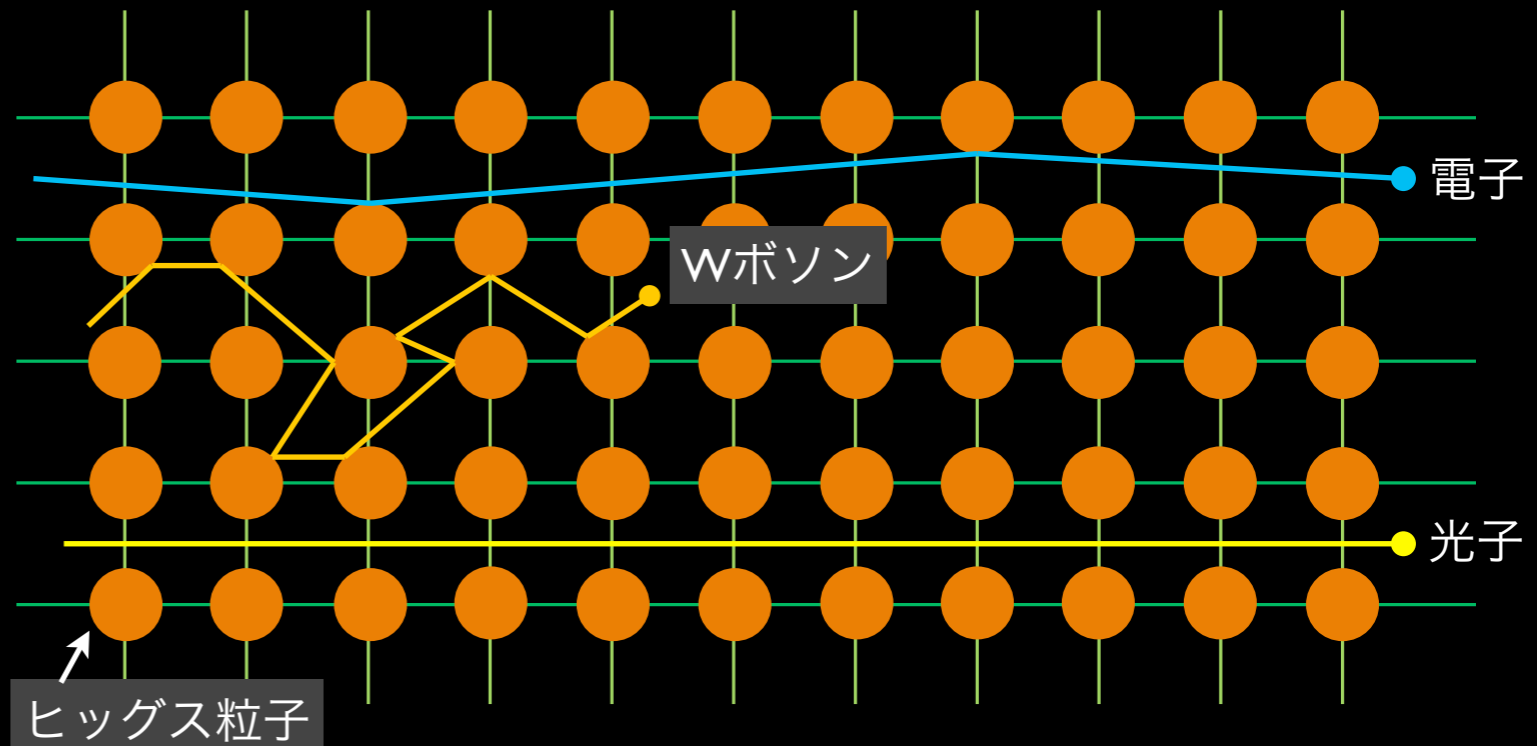
秩序

宇宙に満ちるヒッグス粒子



- ヒッグス場が宇宙に満ちる
- 全ての素粒子を光速から遅らす
でないとも原子は存在できない!
- 宇宙に秩序を作った
- これも私たちの存在がかかる
- 一体なんだ??

まだ調べ始めたばかり



なぜ気付かない？

- 空気のような存在
- 昔の人は空気の存在を知らなかった
- 動き＝風があると分かる
- しかしぎっちり詰まったヒッグスに動きを作るのはムリ
- ごつんと叩き出す

肖像権の都合上
ここに挿入されていた画像を
削除しました

NHKクローズアップ現代
キャスター
国谷裕子氏

Credit: UN Women/David Snyder,
from flickr (2013/10/22) **CC BY-
NC-ND 2.0**
[http://www.flickr.com/photos/
unwomen/6918966309/](http://www.flickr.com/photos/unwomen/6918966309/)



Credit: Matluba Mukhamedova/World
Bank, from flickr (2013/10/22)
CC BY-NC-ND 2.0
[http://www.flickr.com/photos/
worldbank/8205946057/](http://www.flickr.com/photos/worldbank/8205946057/)



原子 原子核 電子

CERN公式見解

「ヒッグス粒子と見られる粒子を発見した」



2013/3/18

「**a** ヒッグス粒子を発見した」

あらすじ

- ✓ 宇宙の誕生
- ✓ 物質の誕生
- 銀河の誕生